

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mi padre José Serquén Díaz, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su confianza.

Mi madre María Rebeca Chanamé Casas, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyó. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

Mis abuelos Brisaida Díaz (QEPD), Manuel Serquén (QEPD), Manuel Chanamé (QEPD) y Francisca Casas por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

Mis hermanos, Yesenia del Milagro Serquén Chanamé y José Miguel Serquén Caján, por estar conmigo y apoyarme siempre.

José Roberto Serquén Chanamé

DEDICATORIA

A mis padres:

Que con su amor, paciencia y su
digno ejemplo, guían mi camino y
me apoyan en el logro de mis

A mis hermanos:

Quien con su existencia llenan mi
vida de felicidad y es la fuente de
inspiración para ser cada día mejor.

.

.

Yannick Morales Mío

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a:

Dios, por ayudarme a cumplir mis metas profesionales dándome la fuerza para hacerlo.

Mis padres, quienes me han enseñado lo que es una vida consagrada al trabajo y llena de valores, por tenerlos a mi lado y tener la dicha de seguir aprendiendo de ellos.

Mis hermanos que con su apoyo y crítica constructiva me permiten conocer mis debilidades, ayudándome a esforzarme por ser cada día mejor.

Mi asesor el Ing. Carlos Oblitas Vera por su orientación en el desarrollo del proyecto de tesis.

José Roberto Serquén Chanamé

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por su comprensión, motivación y apoyo que me han brindado para lograr todas y cada de mis metas así como me impulsan a lograr mis sueños y anhelos.

A mis hermanos, porque al igual que mis padres siempre han estado apoyándome.

A la Escuela de Ingeniería Electrónica por enseñarme un mundo nuevo de tecnología, agradezco muy especialmente al Ing. Carlos Oblitas Vera por su confianza y ayuda e interés al asesorarme en este proyecto de tesis.

Yannick Morales Mío

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad a lo estipulado por el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, presentamos a vuestra consideración nuestra tesis titulada:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA DE TRIGO EN LA EMPRESA MOLINERA INCA S.A.”.

Con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y esperando constituya una herramienta útil de consulta para quienes se interesen en este tipo de estudio.

Nuestro proyecto de investigación se ha desarrollado de acuerdo a las necesidades de la empresa, realizado un análisis previo de la problemática existente y aplicando los conocimientos, esfuerzos e investigación.

Esperamos haber dado cumplimiento y satisfacción a las expectativas y que este trabajo de investigación sirva de guía o referencia para el desarrollo de futuras investigaciones.

Lambayeque, Abril 2015

José Serquén Chanamé
Bach. Ingeniería Electrónica

Yannick Morales Mío
Bach. Ingeniería Electrónica

RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado aplicando los principales conceptos de control y automatización, en él se vuelcan los conceptos aprendidos en la Universidad.

Actualmente muchas empresas están basadas en una semi-automatización, es decir que están parcialmente automatizadas, basándose en los equipos y sistemas que se tienen y agregando equipos electrónicos de control. La empresa Molinera Inca S.A., ubicada en la ciudad de Trujillo, está dedicada a la elaboración y procesamiento de harina de trigo, presenta varias etapas desde la recepción de materia prima, transporte de materia, molienda y preparación de la harina para almacenaje.

En este proceso se utilizan maquinarias y equipos que todavía no se encuentran totalmente automatizados, y que tienen una automatización basada en lógica de contactores, estos generan errores, ya que presentan desgaste mecánico y falta de precisión en la lógica de control.

Además de lo mencionado anteriormente, por una falta de supervisión y comunicación de los datos de producción, en ocasiones se generan retrasos repercutiendo en la llegada del producto en forma tardía, ocasionando un mal servicio.

El sistema planteado es una Arquitectura de Control Distribuida, con dos niveles definidos el primero de control y el segundo de supervisión. El nivel de control regula las principales variables del proceso, estableciendo lazos de control realimentados y basados en controladores PID. En el nivel de supervisión se han implementado base de datos, alarmas y generación de gráficas en tiempo real.

ABSTRACT

The present work was carried out using the main concepts of control and automation, it is dumped concepts learned in the University.

Actually many businesses are based on a semi-automation, ie which are partially automated, based on the equipment and systems that have and adding electronic control equipment.

The company Molinera Inca SA, located in the city of Trujillo, is dedicated to the production and processing of wheat flour, has several stages from receipt of raw material, transportation of material, grinding and preparation of flour for storage.

In this process machinery and equipment that are not yet fully automated are used, which are based automation logic contactors, they generate errors as they present mechanical wear and lack of precision in the control logic.

In addition to the above, by a lack of monitoring and reporting production data, sometimes delays are generated impacting the arrival of the product in late, causing bad service.

The proposed system is a Distributed Control Architecture with two defined levels control the first and second monitoring. The level control adjusts the main variables of the process, establishing ties with feedback based control and PID controllers. At the supervisory level have been implemented database, alarms and generation of graphics in real time.

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito implementar una nueva solución de automatización para el proceso de elaboración de harina de trigo en la Empresa Molinera Inca S.A. de Trujillo.

Con la finalidad de lograr una mayor comprensión y entendimiento del trabajo desarrollado en esta tesis, detallaremos a continuación cada uno de los capítulos que lo conforman:

Capítulo I: La Problemática

En este capítulo se describe la problemática, los objetivos del proyecto tanto el general como los específicos, así como se plantea la hipótesis.

Capítulo II: Fundamentos Teóricos

En este capítulo se definen los principales conceptos de automatización que se utilizarán en el diseño y desarrollo de nuestro proyecto. Se hace mención a los instrumentos y controladores necesarios.

Capítulo III: Descripción de la Empresa y Justificación del Proyecto

En este capítulo se hace una descripción de las secciones que conforman el proceso de elaboración de harina de trigo, así como se justifica la realización del presente proyecto.

Capítulo IV: Diseño de la Automatización

En este capítulo se muestran los lazos del nuevo control del sistema, se establece la arquitectura del sistema de control, los planos de instrumentación y el software de supervisión del sistema. Aquí también se menciona la selección de los instrumentos y equipos del sistema.

Capítulo V: Evaluación Económica

En este capítulo, evaluaremos y presentaremos los costos de los equipos y de los instrumentos, así mismo se indicará la inversión y el financiamiento.

Conclusiones y Recomendaciones

Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones que se han determinado al finalizar el estudio.

INDICE

	Pág.
I.	
Dedicatoria	i
Agradecimiento	iii
Presentación	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Introducción	viii
Indice	1
II. <u>Capítulo I: LA PROBLEMÁTICA</u>	
1. Realidad Problemática	4
2. Análisis del Problema	5
3. Antecedentes del Problema	6
4. Aportes de la Investigación	6
5. Formulación del Problema Científico	7
6. Hipótesis	7
7. Objetivos	7
7.1. Objetivo General	7
7.2. Objetivos Específicos	7
III. <u>Capítulo II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS</u>	
1. Arquitecturas de Sistemas de Control	9
1.1. Control Supervisor	10
1.2. Control Distribuido	10
2. Dispositivos de Control	12
2.1. Analógicos	12
2.2. Digitales	13
3. Controladores Lógico Programables	15
4. Instrumentos Industriales	17
4.1. Sensores	17
4.2. Actuadores	21

IV. Capítulo III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1. De la Empresa Molinera Inca SA	24
1.1. Generalidades	24
1.2. Datos de la Empresa	26
1.3. Puntos de Comercialización	27
1.4. Expansión de la Empresa	28
2. Justificación del Proyecto	29
2.1. Justificación Técnica	29
2.2. Justificación Económica	30
2.3. Justificación Social	30

V. Capítulo IV: DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN

1. Arquitectura del Sistema de control	31
2. Diagramas de Instrumentación del Proceso	32
3. Estrategia de Control	40
4. Diagramas de Bloques	44
5. Diseño de la Red de Comunicación	46
5.1. Objetivos en la red de comunicación	46
5.2. Diseño de la interface Hombre-Máquina en el software de Supervisión	46
5.3. Del sistema de comunicación industrial	47
5.4. Topología del Sistema	47
5.5. Procedimiento para seleccionar el tipo de norma de uso industrial	50
6. Diseño del Programa de Control y Supervisión	52
6.1. Elaboración del Software de Control	52
6.2. Elaboración del Software Supervisor	61
7. Selección de Instrumentos y Equipos	69
7.1. Descripción y selección de los dispositivos de potencia	69
7.2. Elección y estructuración del PLC apropiado	73
7.3. Especificaciones técnicas de la instrumentación seleccionada	77

VI. Capítulo V: EVALUACIÓN ECONÓMICA

1. Generalidades	81
2. Estimación de Costos	82
2.1. Costos de Instrumentación	82
2.2. Costos a Nivel de Control	83
2.3. Costos de Supervisión	83
2.4. Costos de Ingeniería	83
2.5. Costos de Puesta en Servicio	83
2.6. Costos de Capacitación	84
3. Inversión y Financiamiento	84
3.1. Inversión	84
3.2. Financiamiento	84
4. Evaluación Económica	85
4.1. Flujo de caja	85
4.2. Valor actual neto económico	86
4.3. Tasa interna de retorno económico	87
4.4. Relación beneficio-costos	88
4.5. Período de recuperación de la inversión	89
Conclusiones	90
Recomendaciones	91
Referencias Bibliográficas	92

CAPITULO I

LA PROBLEMÁTICA

1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Existen algunas empresas en el rubro de producción de harina de trigo que todavía no están suficientemente automatizadas, el avance de la tecnología está en continuo desarrollo en todas las áreas de la ingeniería, permitiendo a las empresas poder aplicarla y mejorar el control de la producción. Por tal motivo y teniendo en cuenta la realidad de estas empresas, se ha visto la necesidad de diseñar sistemas automatizados modernos de control que nos den como resultado una producción mayor y de mejor calidad, reduciendo así las pérdidas en materias primas, elevados costos de energía y ayudando de esta manera a la economía de las empresas.

La empresa Molinera Inca S.A., ubicada en la ciudad de Trujillo, está dedicada a la elaboración y procesamiento de harina de trigo, presenta varias etapas desde la recepción de materia prima, transporte de materia, molienda y preparación de la harina para almacenaje.

En este proceso se utilizan maquinarias y equipos que todavía no se encuentran totalmente automatizados, y que tienen una automatización

basada en lógica de contactores, estos generan errores, ya que presentan desgaste mecánico y falta de precisión en la lógica de control.

Además de lo mencionado anteriormente, por una falta de supervisión y comunicación de los datos de producción, en ocasiones se generan retrasos repercutiendo en la llegada del producto en forma tardía, ocasionando un mal servicio.

2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Actualmente en la empresa Molinera Inca S.A., no se cuenta con una adecuada automatización de las secciones del proceso de elaboración de harina de trigo, así como adolece de un sistema de supervisión que le permita tener integrada toda su información, esto conlleva a tener posibles paradas parciales o totales, reflejándose ello en el retraso de la producción ocasionando pérdidas e incluso el deterioro de los equipos por falta de un mantenimiento adecuado.

En este proceso se pueden presentar errores, tanto de tipo personal como errores por los controles electromecánicos que presentan desgaste y falta de precisión.

3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Se tiene que aclarar que anteriormente no se ha realizado ningún proyecto relacionado al tema en la empresa Molinera Inca S.A.

TITULO: "ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y ENVASADO DE HARINA DE TRIGO, SU AUTOMATIZACIÓN Y MANTENIMIENTO"

AUTOR:

Jorge Rubén Mata

Departamento de Ciencias

Universidad de La Salle

España, 2006

RESUMEN: Este proyecto presenta como objetivo principal revisar las etapas de fabricación y posterior ensacado de la harina de trigo en una instalación industrial. La aplicación se hará basado en los conceptos de control clásicos, así como se implementarán los algoritmos de control necesarios para el desarrollo del proyecto.

TITULO: “AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE EMBOLSADO DE HARINA EN LA PLANTA MOLINERA PODER PANADERO”

AUTORES:

Denis Machaca Vila

Facultad de Ingeniería Electrónica y Mecatrónica

Universidad Tecnológica del Perú

RESUMEN: En este proyecto se plantea realizar el análisis del proceso de embolsado en una planta molinera, se plantea aplicar técnicas de automatización modernas, así como realizar un estudio de factibilidad económica.

4. APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

El aporte de este proyecto es proponer el diseño de un sistema de control moderno, basado en algoritmos de control que permitan mejorar y optimizar el proceso de elaboración de harina de trigo, así como diseñar un sistema de supervisión que integre toda su información.

Diseñar un nuevo sistema de control que permita optimizar el proceso, teniendo presente no tener altos costos de implementación. Diseño de un software necesario para supervisión y control del proceso, de tal forma que se logre visualizar y controlar el sistema.

5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO

¿ Es posible realizar el Diseño de un Sistema de Supervisión y Control para automatizar el Proceso de Elaboración de Harina de Trigo en la Empresa Molinera Inca S.A.?

6. HIPÓTESIS

El Diseño de un Sistema de Supervisión y Control para automatizar el Proceso de Elaboración de Harina de Trigo en la Empresa Molinera Inca S.A. permitirá mejorar y optimizar el mismo.

8. OBJETIVOS

8.1. Objetivo General:

Diseñar el sistema de supervisión y control para automatizar el proceso de elaboración de harina de trigo en la Empresa Molinera Inca S.A.

8.2. Objetivos Específicos:

- Analizar el sistema y proceso actual dentro de la empresa Molinera Inca S.A.
- Desarrollar las funciones de transferencia y los algoritmos de control necesarios para el proyecto.
- Realizar la selección adecuada de equipos e instrumentos para el proyecto.
- Desarrollar el software de control y supervisión que contenga reportes y alarmas, así como una base de datos.
- Simular el proceso de elaboración de harina de trigo.
- Realizar el cálculo de los costos necesarios que se necesitarían para implementar la automatización.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1. ARQUITECTURAS DE SISTEMAS DE CONTROL

La imagen de empresa asistida, controlada y supervisada por computadora no es más que un concepto si es que no hay unión física entre las diversas partes del proceso manufacturero. Este enlace físico involucra regularmente el establecimiento de canales de flujo de información entre los diversos sistemas. *Angulo (1992)*.

Actualmente la tendencia de la mayoría de plantas industriales en el Perú es proporcionar una mayor información de campo y mejorar las herramientas para la regulación de los procesos en tiempo real.

1.1. CONTROL SUPERVISOR

Para alcanzar la máxima seguridad de funcionamiento y lograr la optimización idónea del proceso, el computador podría determinar los puntos de consigna más convenientes en cada instante, aplicarlos a los lazos de control situados dentro del propio computador o bien en el exterior en controladores individuales. Este tipo de control recibe el nombre de “control de puntos de consigna” o SPC (set point control), o bien control supervisor. Dentro del control supervisor se usa el termino SCADA (supervisory control and data acquisition) significando el uso de un ordenador huésped que usa los datos transmitidos desde el campo y presenta los resultados al operador para que inicie alguna acción de control y utiliza unidades remotas de transmisión situadas a largas distancias del ordenador.

Poco a poco, las funciones aportadas por los sistemas SCADA se han hecho semejantes al control distribuido y la única diferencia reside en el tipo de circuito. SCADA transmite las señales a través de circuitos de baja velocidad y poco fiables para la integridad de los datos (líneas telefónicas y radio), mientras que el control distribuido lo hace mediante circuitos locales de alta velocidad y seguridad de transmisión. *Corripio (1991).*

1.2. CONTROL DISTRIBUIDO

El ordenador personal también incorporado al control distribuido permite la visualización de las señales de múltiples transmisores, el

diagnostico de cada lazo de transmisión, el acceso a los datos básicos de calibración y a los datos de configuración de los transmisores.

El controlador multifunción que, al utilizar en su programación un lenguaje de alto nivel, se asemeja a un ordenador personal, proporciona funciones de control lógico que permiten regular un proceso discontinuo (batch control), y el manejo de procesos complejos, en los que el controlador básico esta limitado.

Los controladores programables sustituyen a los relés convencionales utilizados en la industria, aporta la solución versátil, práctica y elegante del software en un lenguaje basado en la lógica de relés.

La estación del operador proporciona la comunicación con todas las señales de la planta para el operador de proceso, el ingeniero de proceso y el técnico de mantenimiento. La presentación de la información a cada uno de ellos, se realiza mediante programas de operación.

Las alarmas son importantes en el control de procesos. Existen alarmas de alto y bajo valor de la variable, alarma de desviación entre el punto de consigna y la variable controlada, alarmas de tendencia que actúan si la variación de la variable excede de un valor prefijado, alarmas de estado de la señal de entrada o de salida, y otras.

El control distribuido tiene una seguridad mejorada con relación a los sistemas convencionales de control. Cabe pues afirmar que los sistemas de control distribuido se han consolidado en el mercado como los sistemas ideales de control. *Corripio (1991).*

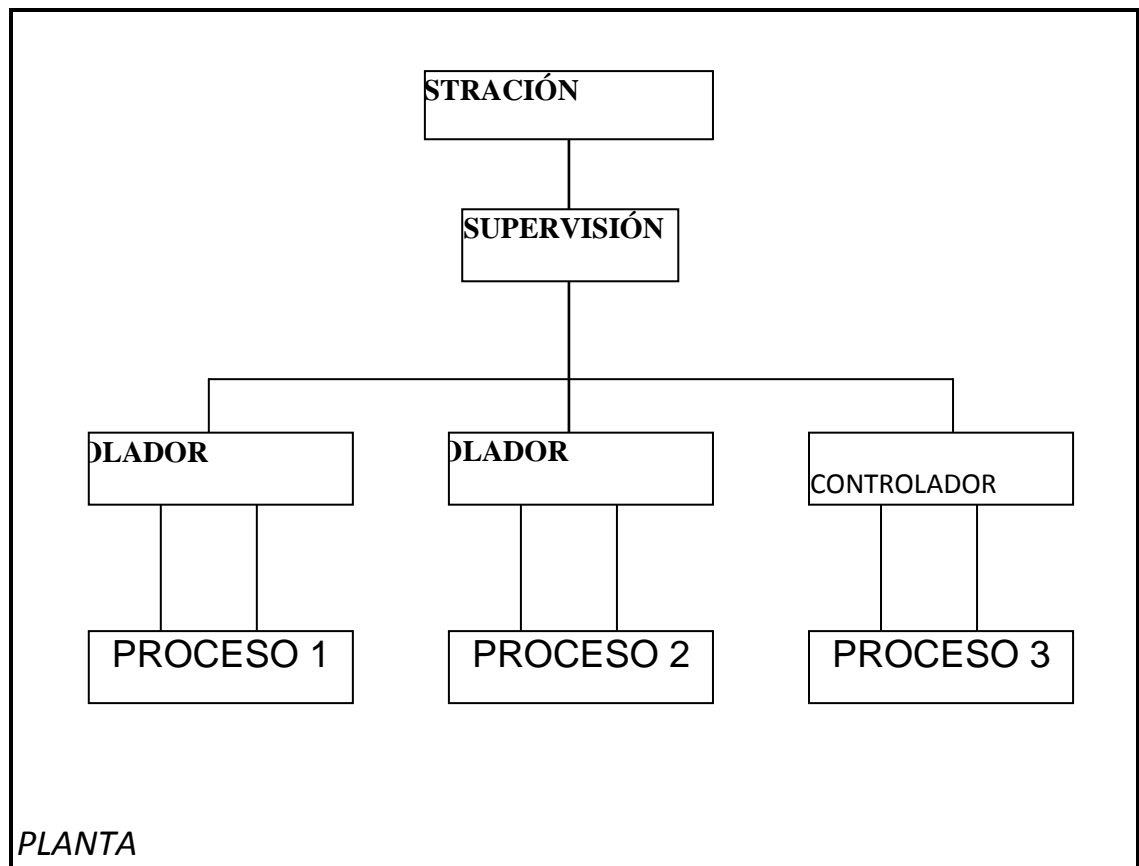


Figura 1. Sistema de Control Distribuido

2. DISPOSITIVOS DE CONTROL

2.1. ANALÓGICOS

a. Contactores:

Es un interruptor con accionamiento electromagnético. Al excitar la bobina a través, de los terminales en el circuito de mando se genera un campo magnético en el núcleo, que atrae la armadura retenida por

resortes. En consecuencia se cierran los contactos abiertos en reposo y se abren los cerrados en reposo.

Los contactos abren o cierran circuitos de consumidores (motores trifásicos, monofásicos, etc.) y los contactos auxiliares abren o cierran circuitos de mando. *Carranza (2008)*.

b. Relés Térmicos de Protección

Se destinan a controlar el calentamiento de los arrollamientos de los motores y a provocar la apertura automática del contactor cuando se alcanza un calentamiento límite.

Poseen siempre un elemento fundamental que se calienta en función de la corriente del motor y que provoca la apertura automática de un contacto cuando se alcanza su temperatura de reacción. Este elemento fundamental es bimetálico, formado por dos láminas estrechas y delgadas de metal diferente y soldados. En estas condiciones, el bimetálico se curva y presenta una deflexión variable en función de su temperatura. Al curvarse motiva la apertura de un contacto auxiliar que puede interrumpir el circuito de la bobina de un contactor. *Carranza (2008)*.

2.2. DIGITALES

a. Controlador Lógico Programable (PLC)

Es un equipo de control industrial basado en microprocesador. Incorpora interfaces electrónicas que le permiten recibir información proveniente de sensores y detectores (detectores fotoeléctricos,

interruptor de posición, termocupla, etc.), y comandar actuadores y preactuadores (contactor, electroválvulas, variadores de velocidad, válvulas proporcionales, etc.). *Creuss (2006)*.

b. Computadoras

La función de la computadora consiste en tratar la información que se le suministra y proveer los resultados requeridos.

De la aplicación de estas aparecen los sistemas de control digital directo (DDC), hasta el control distribuido actual, con las cuales se logra manejar un gran número de procesos y variables, recopilan datos de gran cantidad, analizan y optimizan diversas unidades y plantas, e incluso realizan otras actividades como la planificación del mantenimiento, planificación de inventarios y otros. *Creuss (2006)*.

c. Microcontroladores

Los Microcontroladores se utilizan principalmente en el diseño electrónico de circuitos de control, instrumentación, comunicación y medición debido a que ahora elaboran menos software por su set de instrucciones y utilizan menos hardware por sus múltiples soluciones de control incorporadas dentro del chip. Debido a sus ventajas el microcontrolador puede ser usado en cualquier clase de proyectos que van desde simples y económicos sistemas de batería, alarmas de seguridad, sistemas de control de acceso, sensores remotos, ups, estabilizadores hasta controles de procesos industriales, instrumentos de medición y adquisición de datos, aplicaciones automotrices y

control de motores, transmisores/receptores remotos además de otras aplicaciones médicas y militares. *Angulo (1996)*.

3. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's)

Un controlador lógico programable esta constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos integrados. Cuando el controlador es del tipo modular las diferentes tarjetas que tienen funciones específicas quedan alojadas en racks agrupadas convenientemente para un funcionamiento en conjunto. Asimismo, todas las tarjetas están conectadas a través de elementos de bus, que son circuitos por donde fluye la información. El controlador programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, por ejemplo una microcomputadora. *Creuss (2006)*.

La estructura básica del hardware de un controlador programable propiamente dicho esta constituida por:

- Fuente de alimentación.
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entrada /salida (E/S).
- Módulos de memoria.
- Unidad de programación.

CLASES DE PLCs

a. PLC Compacto

El término compacto se refiere al hecho de que en una sola unidad están reunidos la fuente de alimentación, el procesador, la memoria y las interfaces de Entrada y Salida.

Las principales ventajas que presentan estos PLC compactos son las siguientes:

- Son económicos.
- Incorporan fuente interna para la alimentación de entradas discretas en DC.
- Están previstos para exigentes condiciones de funcionamiento (fluctuaciones de tensión, temperatura, humedad, vibraciones mecánicas, etc.).
- Software para programación. *Creuss (2006)*.

b. PLC Compacto y modular

El término compacto se refiere al hecho de que en la unidad básica del PLC están reunidos la fuente de alimentación, el procesador, la memoria y algunos módulos de Entrada y Salida. Adicionalmente estos equipos son expansibles mediante la adición de módulos, tanto de entradas o salidas, discretas o analógicas, además de módulos inteligentes para comunicación serial, conexión a módem, conexión a red industrial, etc. *Creuss (2006)*.

c. PLC Modulares

Estos PLC se configuran insertando los diversos componentes en los slots (compartimentos), es decir la fuente, la CPU, así como los módulos de Entradas y Salidas.

Los controladores lógicos programables debido a sus características como modularidad y posibilidad de incorporar tarjetas inteligentes para realización de tareas específicas se han convertido en un poderoso medio de mando y control de máquinas y procesos de producción. Sin embargo, debido a su estructura y lenguajes de programación, no están dotados de una gran capacidad para el proceso de datos, pues no es esta su finalidad. La combinación entre computador y PLC permite aprovechar las ventajas de los dos para configurar sistemas de control de elevadas prestaciones. *Creuss (2006)*.

4. INSTRUMENTOS INDUSTRIALES

4.1. SENSORES

Con los sensores y transmisores se realizan las operaciones de medición en el sistema de control. A menudo se denominan elementos primarios .

En el sensor se produce un fenómeno mecánico, eléctrico o similar, el cual se relaciona con la variable de proceso que se mide.

El transmisor a su vez convierte este fenómeno en una señal que se puede transmitir y por lo tanto, ésta tiene relación con la variable de proceso. El propósito del transmisor es convertir la salida de un

sensor en una señal lo suficientemente intensa como para que se pueda transmitir a un controlador o cualquier otro dispositivo receptor. Existen varios tipos de señales de transmisión: Neumáticos, Electrónicos, Hidráulicos y Telemétricos.

Los controles mas usados en las industrias son el neumático y el electrónico. Las señales hidráulicas se utilizan ocasionalmente cuando se necesita una gran potencia y las señales telemétricas cuando existen grandes distancias entre el sensor y el receptor. *Christikov. (1990).*

a. Sensores de presión

El sensor de presión más común es el tubo de Bourdon, consiste básicamente en un tramo de tubo en forma de herradura, con un extremo sellado y el otro conectado a la fuente de presión. Debido a que la sección transversal del tubo es elíptica o plana, al aplicar una presión el tubo tiende a enderezarse, y al quitarla, el tubo retorna a su forma original, siempre y cuando no se rebase el limite de elasticidad del material del tubo

Otro tipo de sensor de presión es el de fuelle, el cual semeja a una cápsula corrugada hecha de algún material elástico, por ejemplo, acero inoxidable o latón; al aumentar la presión, el fuelle se expande (o se contrae), y cuando disminuye, se contrae (o se expande). *Neglia y Fernandez. (1998).*

b. Sensores de flujo

El flujo es otra de las variables de proceso que se miden frecuentemente; probablemente el sensor de flujo más popular es el

medidor de placa-orificio, que es un disco plano con un agujero en el centro. El disco se inserta en la tubería de proceso, perpendicular al movimiento del fluido, con objeto de producir una caída de presión, la cual es proporcional a la razón de flujo volumétrico a través del orificio.

Otro tipo común de sensor es el Medidor Magnético de Flujo. El principio de operación de este elemento es la ley de Faraday; es decir, cuando un material conductor (un fluido) se mueve en ángulo recto a través de un campo magnético, se induce a un voltaje, el cual es proporcional a la intensidad del campo magnético y a la velocidad del fluido. *Neglia y Fernandez. (1998).*

c. Sensores de nivel

Los tres medidores de nivel más importantes son el diferencial de presión, el de flotador y el sónico. El método de diferencial de presión consiste en detectar la diferencia de presión entre la presión en el fondo del líquido y en la parte superior del líquido, la cual es ocasionada por el peso que origina el nivel del líquido. El extremo con que se detecta la presión en el fondo del líquido se conoce como extremo de alta presión, y el que se utiliza para detectar en la parte superior del líquido, como extremo de baja presión.

Con el Sensor de Flotador se detecta el cambio en la fuerza de empuje sobre un cuerpo sumergido en el líquido. La fuerza que se requiere para mantener el flotador en su lugar es proporcional al nivel del líquido y se convierte en una señal en el transmisor.

El Sensor Sónico consiste en un transmisor que genera ondas acústicas que rebotan en la superficie a medir, estas son medidas por un receptor ubicado en el mismo sensor y de acuerdo al tiempo de recepción se calcula la altura o nivel en el depósito. *Andrew. (2002).*

d. Interruptor de Proximidad Magnética

Es un elemento para la introducción eléctrica de señales sin contacto, utilizado para control de posición o de nivel. Consiste en un contacto a relé inyectado en un bloque de resina sintética, este contacto se cierra al aproximarse un imán, este bloque puede colocarse dentro del embolo de un cilindro. *Andrew. (2002).*

e. Interruptor De Proximidad Inductivo

Consiste en un circuito oscilante de un escalón de relajación y un amplificador. Una vez aplicada la tensión el circuito oscilante genera un campo alterno electromagnético en la cara frontal del interruptor inductivo de proximidad, al interponerse un cuerpo metálico en el campo magnético alterno queda atenuado el circuito oscilante. El escalón de relajación analiza la señal de circuito oscilante y gobierna a través del amplificador la salida de mando. *Andrew. (2002).*

f. Interruptor De Proximidad Capacitivo

Consiste en un circuito oscilante, un escalón de relajación y un amplificador. Una vez aplicada la tensión se forma un campo electrostático en la cara frontal del interruptor Capacitivo de proximidad. Al interponerse un cuerpo metálico o no metálico en el campo electrostático queda excitado el circuito oscilante. El escalar de

relajación analiza la señal del circuito oscilante y gobierna a través del amplificador la salida de mando. *Andrew. (2002).*

g. Sensores De Temperatura

La temperatura, junto con el flujo, es la variable que con mayor frecuencia se mide en la industria de proceso; una razón simple es que casi todos los fenómenos físicos se ven afectados por ésta.

A causa de los múltiples efectos que se producen con la temperatura, se han desarrollado numerosos dispositivos para medirla, como termómetros, termocuplas, RTDs y por técnicas de radiación. *Creuss (2006).*

4.2. ACTUADORES

a. Válvulas de Control

Existen muchos tipos diferentes de válvulas de control en el mercado, casi cada mes se ofrece una nueva válvula de control mejorada y, en consecuencia, es difícil clasificarlas, sin embargo, aquí se clasificaran en dos categorías principales: de vástago reciproco y de vástago rotatorio.

La válvula se divide en dos áreas generales: el actuador y el cuerpo. El actuador es la parte de la válvula con que se convierte en movimiento mecánico la energía que entra a la válvula para aumentar o disminuir la restricción del flujo. *Andrew. (2002).*

a.1. De Vástago reciproco

Conocidas también como válvulas de globo con asiento sencillo y vástago deslizable. Son una familia de válvulas que se caracterizan

por una parte de cierre que viaja en línea perpendicular al asiento de la válvula, y se utilizan principalmente para propósitos de estrangulamiento y control de flujo en general.

Existen también las válvulas de tres vías que son de tipo reciproco. Las válvulas de tres vías pueden ser convergentes o divergentes y, en consecuencia con ellas se pueden separar una corriente en dos o se pueden mezclar dos corrientes en una sola. Comúnmente se utilizan para propósito de control. *Andrew. (2002).*

a.2. De Vástago rotatorio

Una de las más comunes es la válvula de mariposa, estas válvulas constan de un disco que gira alrededor de un eje; se requiere mínimo espacio para su instalación y se tiene alta capacidad de flujo con caída de presión mínima; se utilizan en servicios de baja presión. Con los discos convencionales se logra controlar el estrangulamiento hasta en 60 grados de giro, pero con discos de nueva patente se puede controlar el estrangulamiento para un giro completo de 90 grados.

Otra válvula común de vástago rotatorio es la válvula de esfera, con ellas también se logra una alta capacidad de control de flujo con caída mínima de presión, se utilizan comúnmente para manejar suspensiones o materiales fibrosos; la tendencia a escurrimiento es baja y su tamaño es pequeño. *Andrew. (2002).*

b. Motores

Entre los motores de corriente alterna que más se emplean en la industria tenemos a los motores asíncronos, y entre estos tenemos los

de rotor en cortocircuito o de jaula de ardilla, estos son los más utilizados.

Estos motores se diseñan y se construyen de tal forma que, sus bobinados, en carga nominal, resistan unos calentamientos compatibles con una larga vida de sus aislantes. Es preciso recordar que un motor se calienta por efecto de sus pérdidas en el cobre, proporcionales al cuadrado de la intensidad, y de sus pérdidas en el hierro, constantes para una tensión dada. *Andrew. (2002).*

CAPITULO III

LA EMPRESA - JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1. DE LA EMPRESA MOLINERA INCA S.A.

1.1. GENERALIDADES

La empresa Molinera Inca S.A. fue fundada el 10 de Enero de 1964, la planta está ubicada en el Km 557 de la carretera Panamericana Norte, a orillas del río Moche, Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad. Inicialmente se empezó con 2 líneas de producción de trigo, denominadas Líneas A y B, con una capacidad teórica de 160 Tm/día, que abastecería principalmente el mercado del norte del país.

Luego, en el año 1974, se vio la posibilidad de aumentar la capacidad de producción y de diversificar los productos elaborados, creándose la línea C de trigo con una capacidad de 220 Tm/día y anulándose la línea antigua de trigo B, para convertirla en línea de maíz, con una capacidad de 100 Tm/Día, con la finalidad de obtener el grits, producto cuya demanda se vio incrementada en los años 1975 a 1998, especialmente para la industria cervecera.



Figura 2. Vista de la empresa Molinera Inca S.A. (MOINSA)

En el año 1998, se incrementa la carga de la línea A, a 130 Tm/día, al reemplazar un cernedor Mod Barg, por un cernedor nuevo Mod BQG. En el año 2001, se transforma la línea de maíz a línea de trigo, con una capacidad de 60 Tm/día. Al terminar el año 2004, se terminó la construcción de un nuevo silo metálico, incrementándose la capacidad de almacenamiento de trigo en 5 000 Tm.

En mayo de 2006, se incrementó la capacidad de la línea de producción C, de 200Tm/día, a 225Tm/día, con la implementación de un disgregado centrífugo en la línea. Actualmente la planta está en la capacidad de moler 415Tm/día. Esta planta está construida en un área de 45 000 m².

Las importaciones de trigo en el primer trimestre de 2014 aumentaron 49,2% en relación al mismo período del año pasado, sumando US\$ 133,2 millones (388,2 mil TM), según datos de Aduanas. Del total, el 85,1% correspondió a la partida de los demás trigos (excepto para la siembra) y el resto, a trigo duro.

Los países de procedencia del trigo fueron: EE.UU. (62,5% del total), Canadá (23,7%) y Argentina (13,8%). Asimismo, las principales importadoras fueron: Alicorp S.A.A (39,7% del total), Molitalia S.A.

(10,7%), Anita Food S.A. (9,3%), *Molinera Inca S.A.* (8,8%) y Cogorno S.A. (7,4%).

1.2. DATOS DE LA EMPRESA

Los siguientes son los datos consignados para la empresa:

- **Razón Social:** MOLINERA INCA S.A.
- **Nombre Comercial:** MOINSA
- **Tipo Empresa:** Sociedad Anonima
- **Condición:** Activo
- **Fecha Inicio Actividades:** 15 / Noviembre / 1966
- **Actividad Comercial:** Elaboración de productos de Molinería
- **CIIU:** 15316
- **Dirección Legal:** Car. Panamericana Norte Km. Nro. 557 Fnd. Larrea
- **Distrito / Ciudad:** Trujillo
- **Provincia:** Trujillo
- **Departamento:** La Libertad
- **RUC:** 20131895365

Como toda empresa moderna presenta sus respectivos logo, misión y visión:

LOGO



Figura 3. LOGO oficial de la empresa Molinera Inca S.A. (MOINSA)

MISIÓN

Ofrecer al mercado nacional, productos derivados de trigo, de la mejor calidad e inocuidad, que puedan satisfacer las necesidades de nuestros clientes.

VISIÓN

Sorprender a los mercados con nuestro crecimiento agresivo e innovación. Transformar categorías comunes en experiencias extraordinarias. Nuestro objetivo es estar entre las 250 empresas más grandes de Latinoamérica.

1.3. PUNTOS DE COMERCIALIZACIÓN

En el presenta mapa se aprecia el área de comercialización de los productos de Molinera Inca SA:



Figura 4. Ubicación del área de comercialización de MOINSA

Las ciudades listadas tienen distribuidores autorizados:

Piura

Chiclayo

Cajamarca

Tarapoto

Trujillo

Chimbote

Huaraz

Huacho

Lima

Huancayo.

1.4. EXPANSIÓN DE LA EMPRESA

En el año 1976 Molinera Inca amplió sus instalaciones y equipos para producir galletas para el mercado local y darle un valor agregado a la materia prima producida por la molinera, originándose así Galletera Día. En el año 2006 Alicorp S.A.A. adquiere el 100% de las acciones de Molinera Inca S.A. y de Galletera Día.

Galletera Día desarrolla sus operaciones en el norte y centro del país, con RUC 20131895365, produciendo y comercializando galletas de diferentes sabores y presentaciones. La Planta de Galletas Día Trujillo se encuentra ubicada en el km. 558 de la carretera Panamericana Norte cerca de Moche. Cuenta con un área de terreno de 50 456 m² y tiene las siguientes distribuciones:

Área de producción

Laboratorio & sala de reposo

Almacenes de materiales

Almacén de galletas

Talleres de mantenimiento

Casa de fuerza y de caldero

Vestuarios y comedor de personal

Oficinas de administración.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Para una Empresa Industrial cuyo rubro tiende a satisfacer a un público consumidor, la productividad es un parámetro muy importante dado que está relacionado con la eficiencia de la misma. Sin embargo para satisfacer a los clientes no basta la eficiencia, se requiere además de otro factor importante como es la calidad. *Corripio (1991)*.

Una producción eficiente y un producto de calidad garantiza el futuro de una empresa industrial. La eficiencia en la producción no es algo sencillo de entender, requiere de un sentido más amplio, como la obtención de un producto de calidad en un tiempo razonable y un bajo costo de producción. *Corripio (1991)*.

En el presente proyecto tenemos un conjunto de ventajas competitivas, que conforman la justificación técnica y cuyos aspectos a considerar son los siguientes:

- a. Mejora en la producción y productividad.
- b. Buena reputación en la calidad del proceso.
- c. Mantener buen personal técnico, calificado y especializado.
- d. Superioridad técnica.
- e. Amplitud de líneas de productos.
- f. Reducción considerable de índices de desperdicio y/o de productos defectuosos.
- g. Aumento de la vida útil de los equipos y dispositivos de proceso.
- h. Producción eficiente y flexible, adaptable a las necesidades del consumidor.
- i. Mejor seguridad para el personal.
- j. Innovación continua de productos, para un mercado más exigente y competitivo.
- k. Mayor investigación y desarrollo industrial, en base al avance científico y tecnológico que las empresas industriales lo requieren.

2.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Si bien es cierto que la inversión en automatización es inicialmente alta, también es cierto que la optimización que trae consigo el control y automatización de procesos industriales produce beneficios que justifica el proyecto:

- a. Incrementa la calidad del producto desde el punto de vista nutricional.
- b. Reduce las pérdidas en transporte de materia prima.
- c. Se obtiene una reducción en el consumo de energía al optimizar los procesos.
- d. Se reduce el uso de la mano de obra y la operación de máquinas con alta influencia manual, que al final reducen la confianza y aumentan el riesgo de accidentes.

2.3. JUSTIFICACION SOCIAL

- a. Los trabajos de baja calificación y performance profesional se sustituyen por nuevos puestos con un mejor nivel profesional, lo que conlleva a la superación personal del trabajador.
- b. Necesidad de sustituir al hombre en actividades nocivas, pesadas y peligrosas, así mismo de actividades tediosas y repetitivas.

CAPITULO IV:

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN

1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

La tendencia en la actualidad está orientada hacia los sistemas de control distribuido y la razón fundamental que se prefiere, es que si la Arquitectura del Sistema Central está en funcionamiento y por alguna razón se detuviera, la automatización de toda la planta también estará interrumpida.

Por tal razón surgen dos problemas:

- a) **Primero:** que la planta requeriría enseguida bastante mano de obra que pudiera no estar fácilmente disponible, ya que habría que controlar manualmente todo aquello que es normalmente automático,

- b) **Segundo:** el problema podría ser aún más costoso y más difícil de resolver porque mientras el sistema de control estuviera detenido no habría ninguna información, ni reportes sobre producción, inventario, etc., y por consecuencia la Gerencia perdería control sobre esta información inicialmente obtenida.

Para el presente proyecto se plantea un sistema que pueda reducir bastante la probabilidad de que algo anteriormente mencionado ocurriera.

En consecuencia con la función de control operativo repartida entre varias estaciones por toda la planta, si falla una estación remota, las demás estaciones de control seguirían funcionando, no parando totalmente la producción, así la pérdida de datos puede ser mínima.

Igualmente si la computadora central fallara (a nivel de supervisión), las estaciones remotas seguirían funcionando y dirigiendo los procesos de la planta. Luego cuando estuviera de nuevo activa la computadora principal, el sistema remoto le transmitirá toda su información almacenada con el fin de actualizar la base de datos y los registros de las principales variables.

Basándose en el análisis anterior se concluye que se decidirá por un SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (SCD) por su rapidez de funcionamiento, su superioridad en exactitud y flujo de información para la Gerencia de la Empresa.

2. DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACION DEL PROCESO

Para un mejor estudio y para mantener la Arquitectura de Sistema de Control adoptado se ha tenido en consideración la distribución del proceso de producción de la planta en 6 secciones.

Las secciones en que se han dividido el proceso son:

Sección 1: Recepción y Almacenamiento

Sección 2: Limpieza de Materia Prima

Sección 3: Mezclado y Adición de Agua

Sección 4: Almacenamiento en Silos de Reposo

Sección 5: Pesado y Molienda

Sección 6: Ensacado.

El presente proyecto plantea para cada dos secciones de proceso se establezca una estación de trabajo (PLC), por lo que existirán tres estaciones y tres PLC'S identificados de la siguiente manera:

Estación A: secciones 1 y 2, PLC 1 (UC 100)

Estación B: secciones 3 y 4, PLC 2 (UC 200)

Estación C: secciones 5 y 6, PLC 3 (UC 300)

En el sistema planteado los PLC'S se interconectarán mediante una Red Industrial enviando información acerca del estado de E/S útiles para el respectivo diagnóstico y supervisión. Los programas de control residirán en las CPU'S de los PLC'S.

En el computador central, el Software de Supervisión y Control cumplirá la tarea de control de secuencias, monitoreo en tiempo real, generación de tendencias y reportes, alarmas y generación de instrucciones a las estaciones de trabajo.

Se muestran a continuación los planos de instrumentación para cada una de las secciones mencionadas.

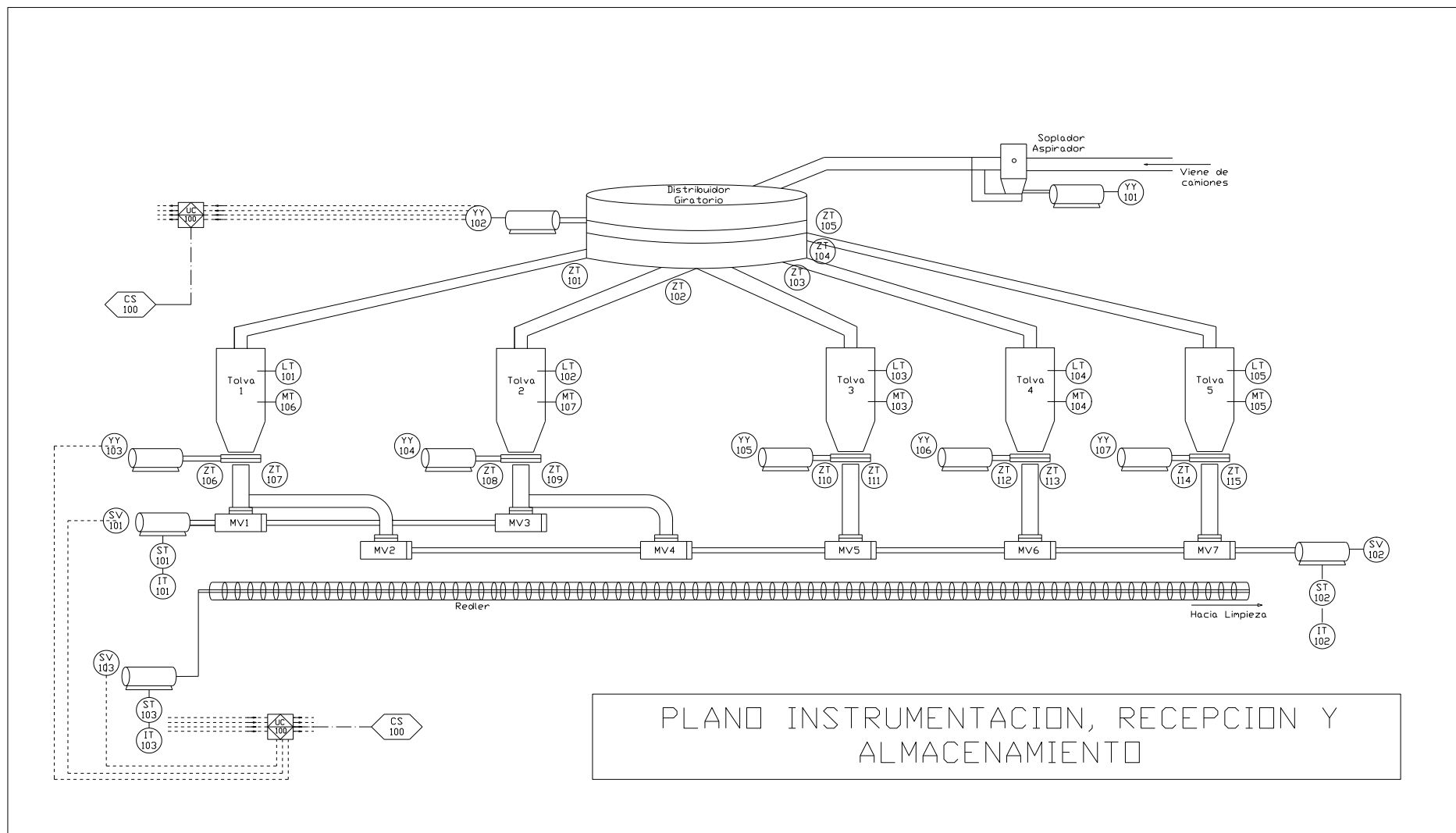


Figura 5. Plano de Instrumentación Sección 1

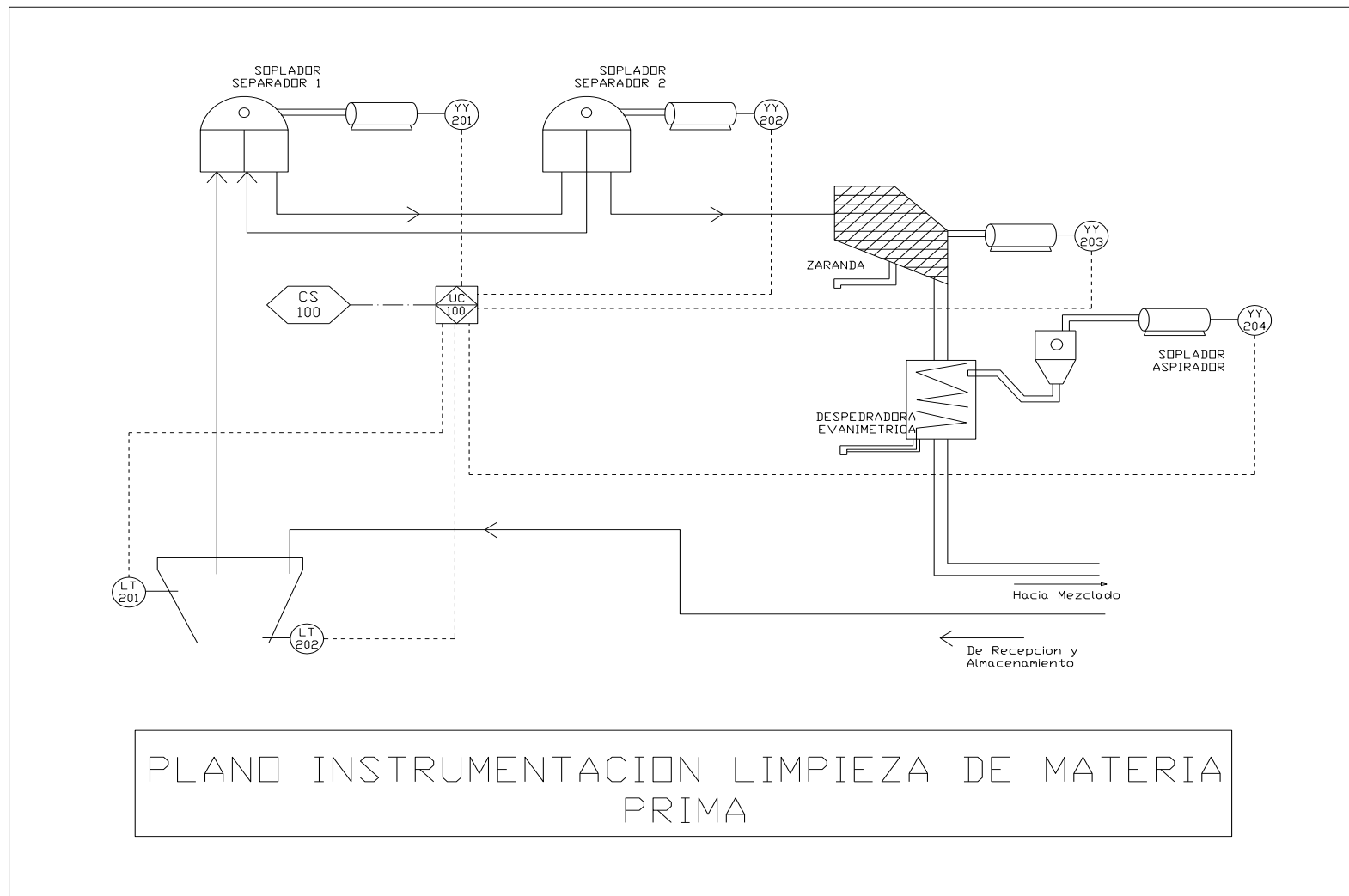


Figura 6. Plano de Instrumentación Sección 2

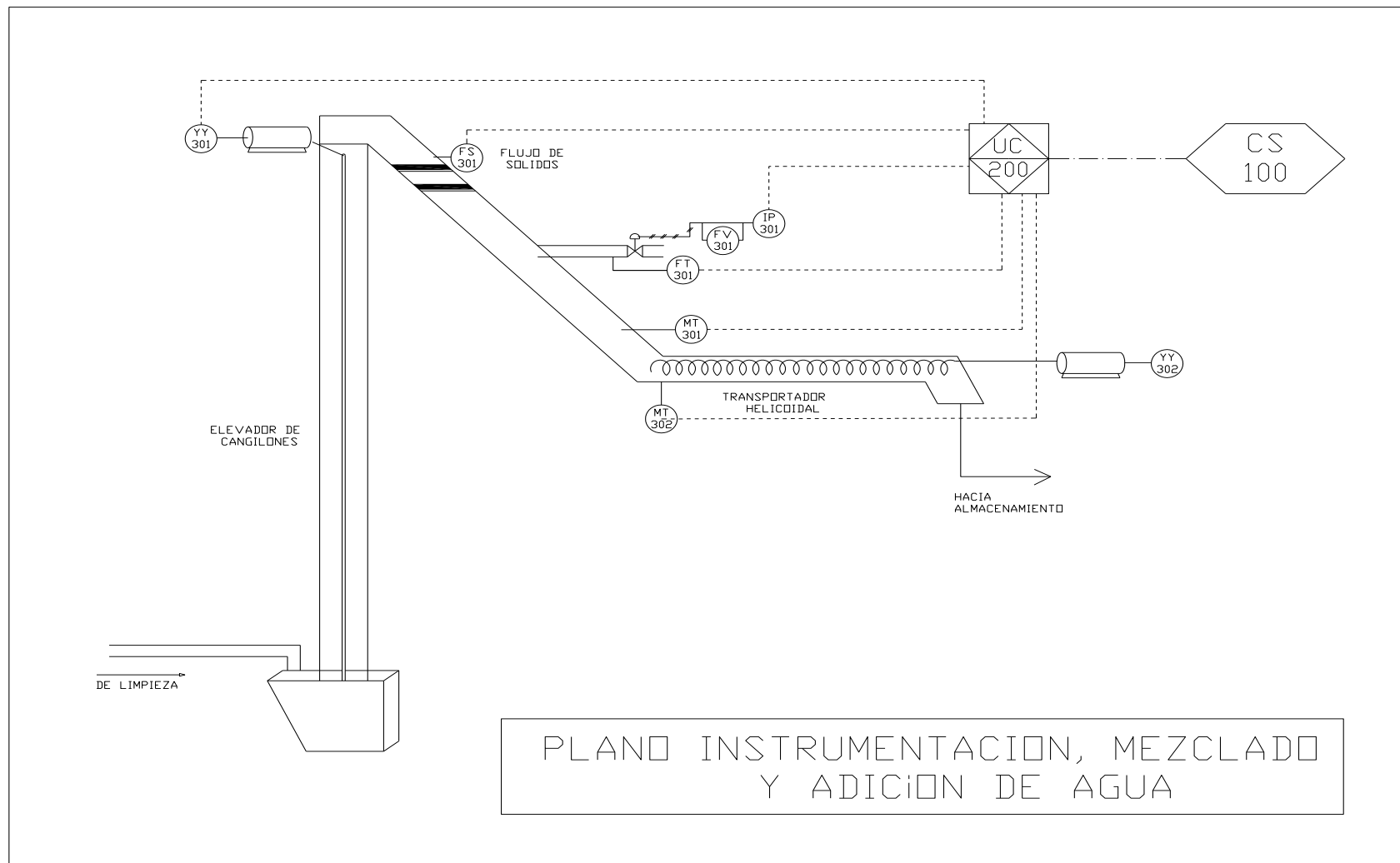


Figura 7. Plano de Instrumentación Sección 3

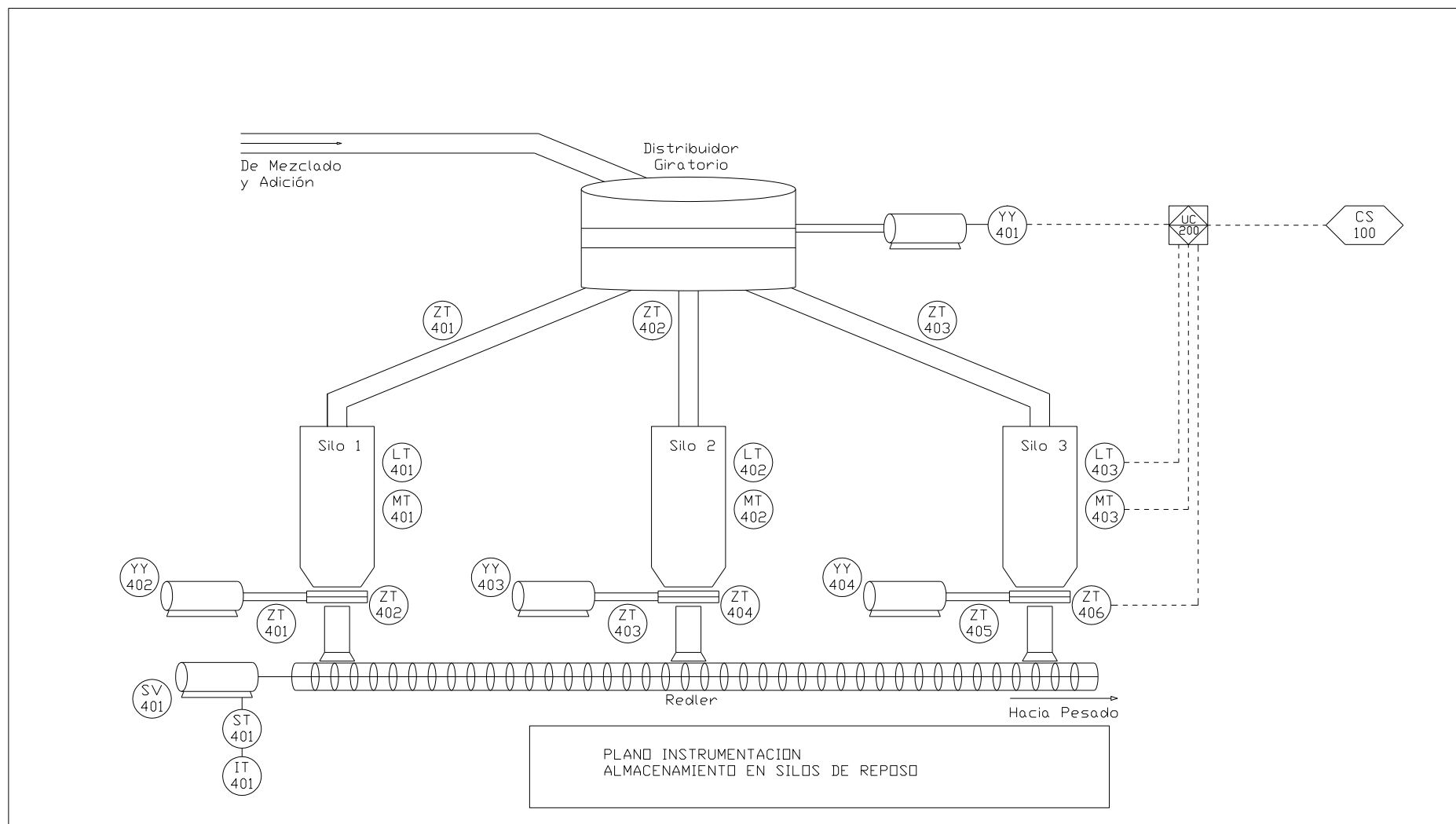


Figura 8. Plano de Instrumentación Sección 4

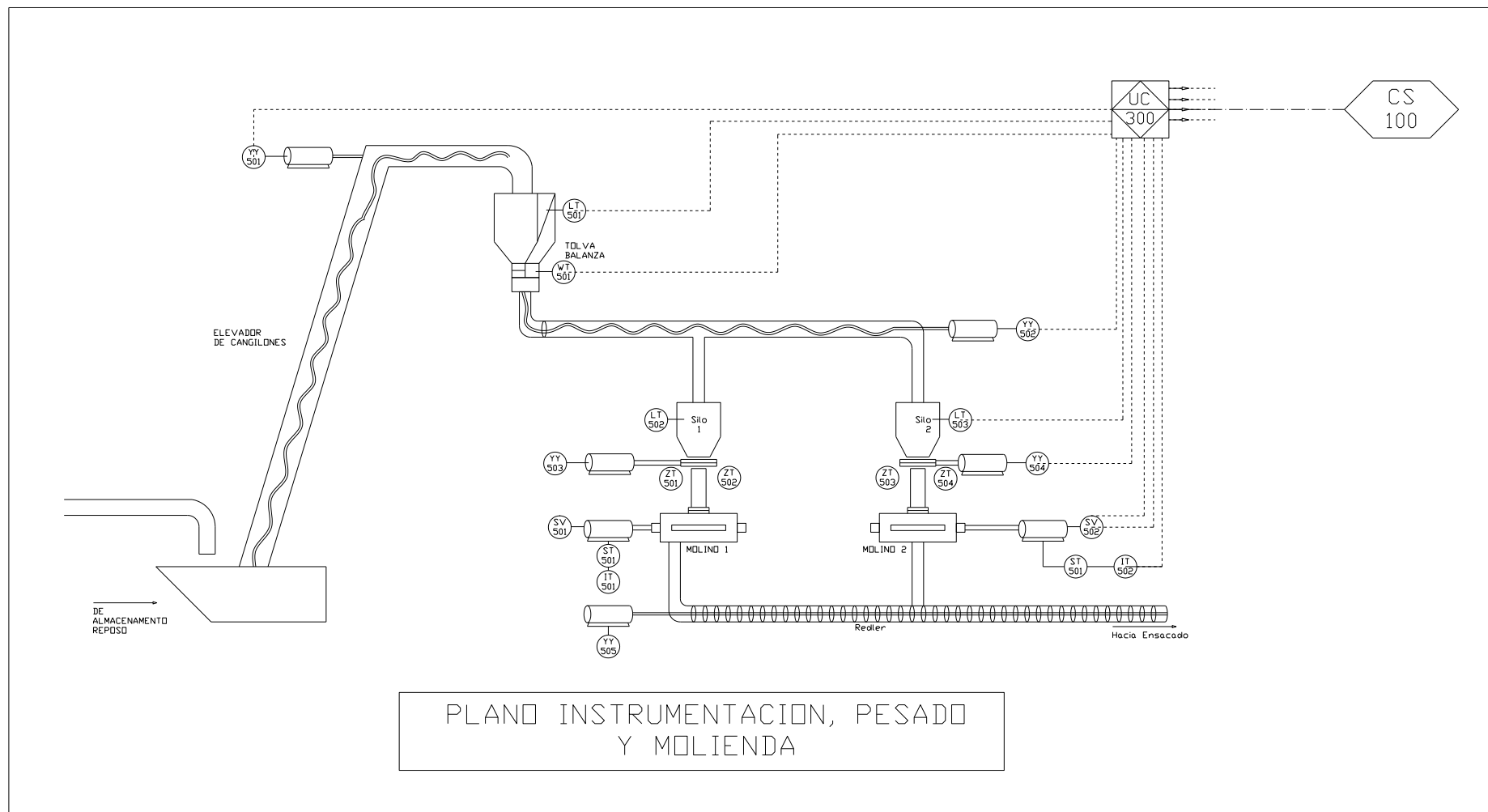


Figura 9. Plano de Instrumentación Sección 5

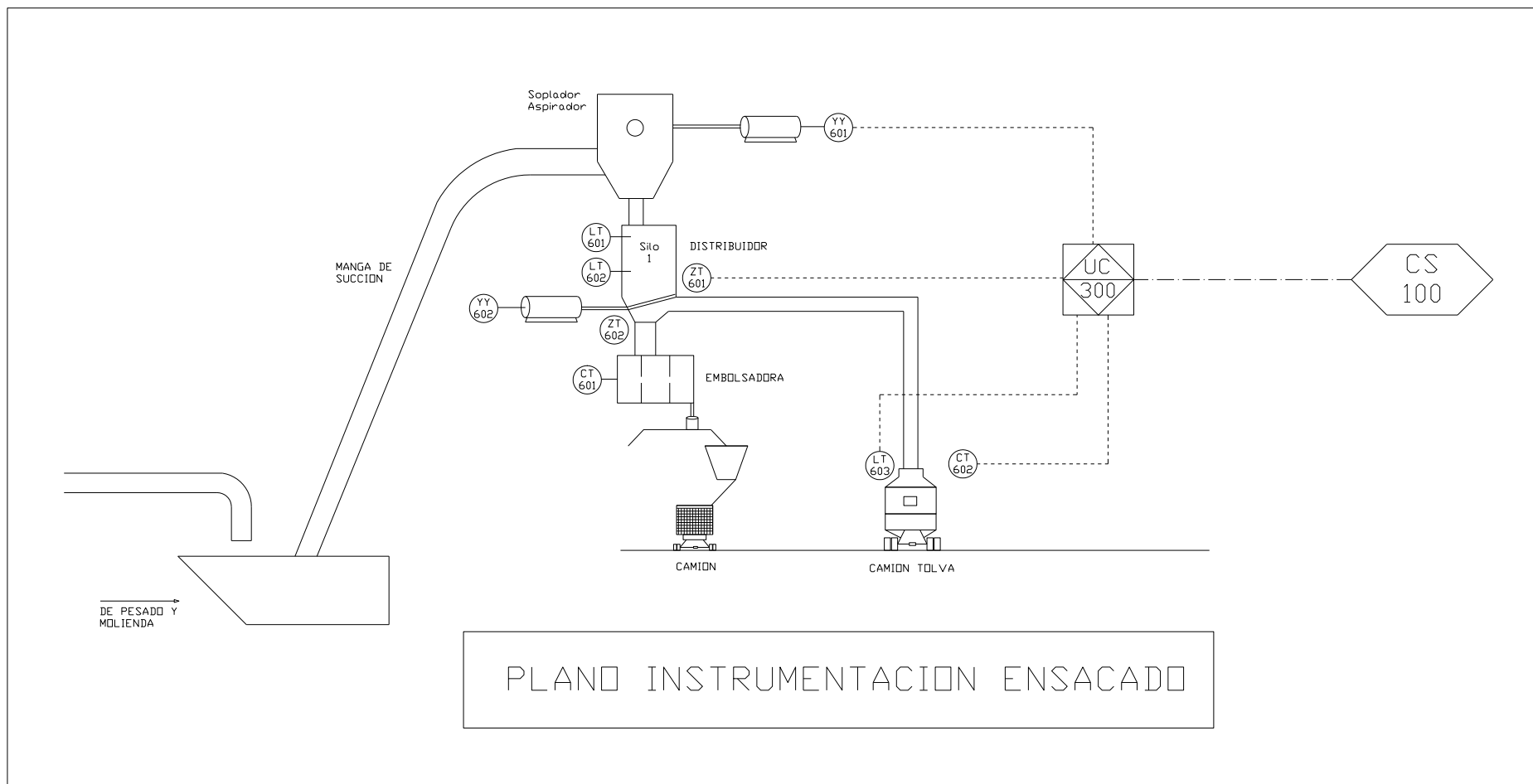


Figura 10. Plano de Instrumentación Sección 6

3. ESTRATEGIA DE CONTROL:

El sistema de control integrará a las seis secciones en que se ha dividido el proceso las cuales tendrán a tres controladores lógico programables gobernando el proceso: PLC1 (UC 100), PLC2 (UC 200) y PLC3 (UC 300).

Para definir la estrategia de control en cada una de las secciones se van a identificar:

- a)** Entradas: Número, tipo y función dentro del esquema de control.
- b)** Salidas: Número, tipo y variable que va a afectar dentro de la estrategia de control.
- c)** Control y Supervisión: de las Variables existentes en la estrategia de control.

SECCIÓN 1

RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO

a) Entradas :

- LT 101 a LT 105: Detección de nivel continuo (5 entradas analógicas)
- ZT 101 a ZT 115: Transmisores de posición (15 entradas discretas)
- MT 103 a MT 107: Transductores de humedad (5 entradas analógicas)
- ST 101 a ST103: Transductores de velocidad (3 entradas analógicas)
- IT 101 a IT 103: Transductores de corriente(5 entradas analógicas)

Total de entradas 33: 15 discretas y 18 analógicas

b) Salidas:

- YY 101 a YY 107: relés de mando y control (7 salidas discretas)
- SV 101 a SV 103: señales de control a variadores de velocidad (3 salidas analógicas)

Total de salidas 10: 7 discretas y 3 analógicas

c) Control y Supervisión:

Analizaremos y definiremos en esta sección teniendo en cuenta la ingeniería de diseño basada en lazos de control y supervisión:

1. Control de motores de C.A. de apertura y cierre de compuertas de las respectivas tolvas, mediante un control ON-OFF de lazo cerrado de posición gobernado por el PLC.
2. Detección de niveles continuos realizados para accionamiento y control del distribuidor giratorio.
3. Supervisión de la posición de las compuertas de descarga para monitoreo.
4. Supervisión del porcentaje de humedad relativa (% HR) para monitoreo.
5. Control de velocidad en lazo cerrado realizado por PLC para los motores trifásicos que accionan los medidores volumétricos (MV1 a MV7).
6. Supervisión de velocidad de los motores que accionan a los medidores volumétricos.
7. Supervisión de corriente para los motores trifásicos que accionan los medidores volumétricos.
8. Control de velocidad en lazo cerrado del motor que acciona el REDLER de transporte de trigo.

SECCION 2

LIMPIEZA DE MATERIA PRIMA

a) Entradas:

- LT 201 a LT 202: Detección de nivel continuo (2 entradas analógicas)

Total entradas 2: 2 analógicas

b) Salidas:

- YY 201 a YY203: Relés de mando y control (3 salidas discretas)

Total salidas 3: 3 discretas

c) Control y supervisión:

1. Detección de niveles continuos realizados por el controlador PLC, en la tolva de recepción.
2. Control de motores C.A. de sopladores separadores, zaranda y soplador aspirador mediante un control ON - OFF de lazo cerrado de posición, gobernado por el PLC.

SECCION 3

MEZCLADO Y ADICIÓN DE AGUA

a) Entradas:

- MT 301 a MT 302: Transductores de humedad (2 entradas analógicas)
- FS 301: Sensor de flujo de sólidos (1 entrada analógica)
- FT 301: Transmisor de flujo de líquidos (1 entrada analógica)

Total entradas 4: 4 analógicas

b) Salidas:

- YY 301 a YY302: Relé de mando y control (2 salidas discretas)
- I/P 301: Convertidor corriente-presión (1 salida analógica)

Total salidas 3: 2 discretas y 1 analógica

c) Control y supervisión:

1. Control de motores de C.A. de elevador de cangilones y transportador helicoidal, mediante un control ON - OFF de lazo cerrado gobernado por el PLC.
2. Detección de flujo de sólidos continuo realizado por el control supervisor directamente.
3. Control en lazo cerrado de adición de agua para mezclado.
4. Control en lazo cerrado del porcentaje de humedad relativa (% HR)
5. Supervisión del porcentaje de humedad relativa (% HR) para monitoreo.

SECCION 4

ALMACENAMIENTO EN SILOS DE REPOSO

a) Entradas:

- LT 401 a LT 403: Detección de nivel continuo (3 entradas analógicas)
- ZT 401 a ZT 409: Transmisores de posición (9 entradas discretas)
- MT 401 a MT 403: Transductores de humedad (3 entradas analógicas)
- ST 101 : Transductor de velocidad (1 entrada analógica)
- IT 101 : Transductor de corriente (1 entrada analógica)

Total de entradas 17: 9 discretas y 8 analógicas

b) Salidas:

- SV 401: Señal de control a variador de velocidad (1 salida analógica)

- YY 401 a YY404: Relés de mando y control (4 salidas discretas)

Total de salidas 5: 4 discretas y 1 analógica

c) Control y Supervisión:

1. Control de motores de C.A. de apertura y cierre de compuertas de los respectivos silos, mediante un control ON-OFF de lazo cerrado de posición gobernado por el PLC.
2. Detección de niveles continuos realizados para accionamiento y control del distribuidor giratorio.
3. Supervisión de la posición de las compuertas de descarga para monitoreo.
4. Supervisión del porcentaje de humedad relativa (% HR) para monitoreo.
5. Supervisión de corriente para los motores trifásicos que accionan los medidores volumétricos.
6. Control de velocidad en lazo cerrado del motor que acciona el REDLER.

SECCION 5

PESADO Y MOLIENDA DE TRIGO

a) Entradas:

- LT 501 a LT 503: Detección de nivel continuo (3 entradas analógicas)
- IT 501 a IT502: Transductores de corriente (2 entradas analógicas)
- ST 501 y ST 502: Transductor de velocidad (2 entradas analógicas)
- WT 501: Transductor de peso (1 entrada analógica)
- ZT 501 a ZT 504: Transmisor de posición(4 entradas discretas)

Total de entradas 12: 4 discretas y 8 analógicas

b) Salidas

- YY 501 a YY505: relés de mando y control (5 salidas discretas)
- SV 501 y SV 502: Señal de control a variador de velocidad (2 salidas analógicas)

Total de salidas 7: 5 discretas y 2 analógicas

c) Control y Supervisión:

1. Control y supervisión de peso de tolva balanza.
2. Supervisión y Control de posición de compuertas de salida de silos.
3. Control ON - OFF de motores trifásicos de elevador y transportadores.

4. Control de velocidad en lazo cerrado realizado por PLC para los motores trifásicos que accionan los molinos.

SECCION 6

ENSACADO

a) Entradas:

- LT 601 a LT 603: Detección de nivel límite (3 entradas discretas)
- ZT 601 y ZT 602: Transmisor de posición (2 entradas discretas)
- CT 601 y CT 602: Contador de pulsos (2 entradas discretas)

Total de entradas 7: 7 discretas

b) Salidas:

- YY 601 y YY 602: relés de control de mando (2 salidas discretas)

Total de entradas 2: 2 discretas

c) Control y Supervisión:

1. Control de nivel máximo y mínimo de distribuidor.
2. Supervisión de nivel.
3. Control de compuerta de distribuidor.
4. Supervisión de cuentas de embolsadora y camiones.

En general, tenemos en todo el proceso lo siguiente:

		Secc. 1	Secc. 2	Secc. 3	Secc. 4	Secc. 5	Secc. 6	Total
Entradas	Discretas	15	-	-	9	4	7	35
	Analógicas	18	2	4	8	8	-	40
Salidas	Discretas	7	3	2	4	5	2	23
	Analógicas	3	-	1	1	2	-	7

4. DIAGRAMAS DE BLOQUES

Se mostrarán los Diagramas de Bloques de los principales lazos de control, para seleccionar los algoritmos de control necesarios.

PROCESO: RECEPCION Y ALMACENAMIENTO

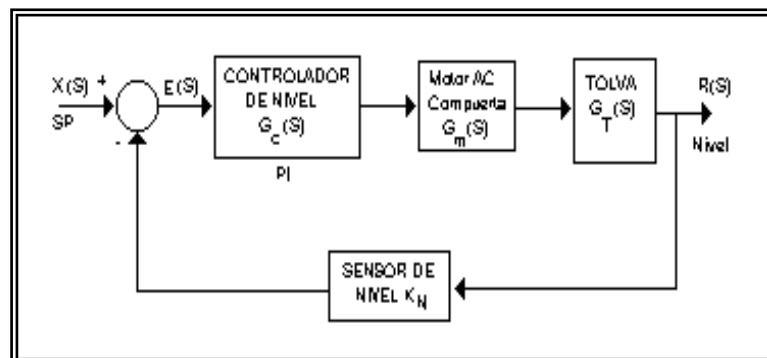


Figura 12. Diagrama de Bloques Recepción y Almacenamiento

En este diagrama apreciamos el lazo de control para la variable nivel en las tolvas de recepción y almacenamiento. El controlador considerado será un PI.

PROCESO: MEZCLADO Y ADICIÓN DE AGUA

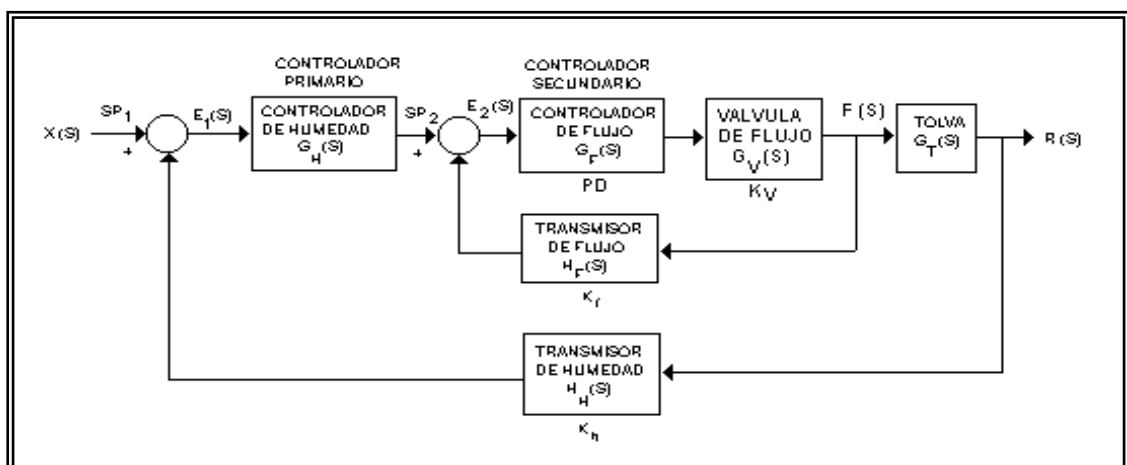


Figura 11. Diagrama de Bloques Mezclado y Adición de Agua

En este diagrama apreciamos que se ha considerado un doble lazo, es decir un control cascada. En el lazo interior la variable de cambio más rápida que en nuestro caso es el flujo de agua, con un controlador PD. En el lazo primario la variable a controlar es la humedad, con un controlador PID.

5. DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIÓN

5.1. OBJETIVOS EN LA RED DE COMUNICACIÓN

Las estaciones de control deberán intercambiar datos entre sí, por lo tanto, es necesario el respaldo de una red de comunicaciones que garantice la fidelidad de las señales, con el objetivo de que la computadora central (a nivel de supervisión) almacene toda la información procedente de las diferentes variables a controlar tales como: pesado, velocidad de motores, nivel de tolvas, humedad, flujo de agua, etc.

Para nuestro caso se requiere de una computadora con la potencia para multitareas y la capacidad suficiente para supervisión multiusuario ya que será el centro del sistema de supervisión y control en su totalidad.

A estos sistemas se integrará adicionalmente el sistema de control de producción, de tal forma que será posible la programación en forma automática de la producción de la Empresa.

5.2. DISEÑO DE LA INTERFACE HOMBRE - MÁQUINA EN EL SOFTWARE DE SUPERVISION

La interface Hombre - Máquina será totalmente interactiva y gráfica, diseñado de acuerdo a los requerimientos del centro de programación y planificación de la producción.

Funcionalmente la interface Hombre - Máquina tendrá las características siguientes:

- Presentación gráfica
- Control de comandos
- Entrada manual de datos, etc.

5.3. DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Para garantizar una comunicación eficiente, libre de errores, se debe considerar, al margen de los equipos a utilizar, una buena interface de línea.

Los circuitos de línea son un tipo de interface diseñadas para transmitir señales de información en forma digital por diferentes líneas de transmisión.

Entre los circuitos de línea más importantes tenemos:

- Transceptores
- Manejadores de línea
- Receptores de línea

Estos dispositivos pueden ser de uso general, o bien pueden estar destinados a cierto tipo de configuración normalizada de transmisión de datos.

Las normas típicas de uso industrial son: RS - 232, RS – 422A, RS – 423A, IEEE - 485, IBM - 360/370 o la RS - 485.

Para el presente proyecto, necesitamos seleccionar el tipo de norma que cumpla con los requerimientos para un sistema de control distribuido que se está planteando.

5.4. TOPOLOGIA DEL SISTEMA

Nuestro sistema consta de una computadora central, la cual se comunicará con los equipos y dispositivos de control en campo, esto implicará tener una configuración tipo Bus como la mostrada en la figura adjunta y en donde el intercambio de datos entre los diferentes autómatas y equipos de los distintos niveles de automatización puede hacerse a través de la red local industrial en Bus SINEC H1, el cual tiene un protocolo para PLCs SIEMENS tipo Profibus-DP.

El Protocolo de Comunicación PROFIBUS – DP es un diseño de alta velocidad y de bajo costo, el cual permite la comunicación entre controladores industriales y dispositivos de I/O en un sistema distribuido; reemplaza transmisión de señales paralela con 24V ó 4 a 20mA, los controladores centrales tal como PLCs o PCs, se comunican con dispositivos de campo distribuidos (tal como I/O, drivers y válvulas), vía un enlace serial de alta velocidad.

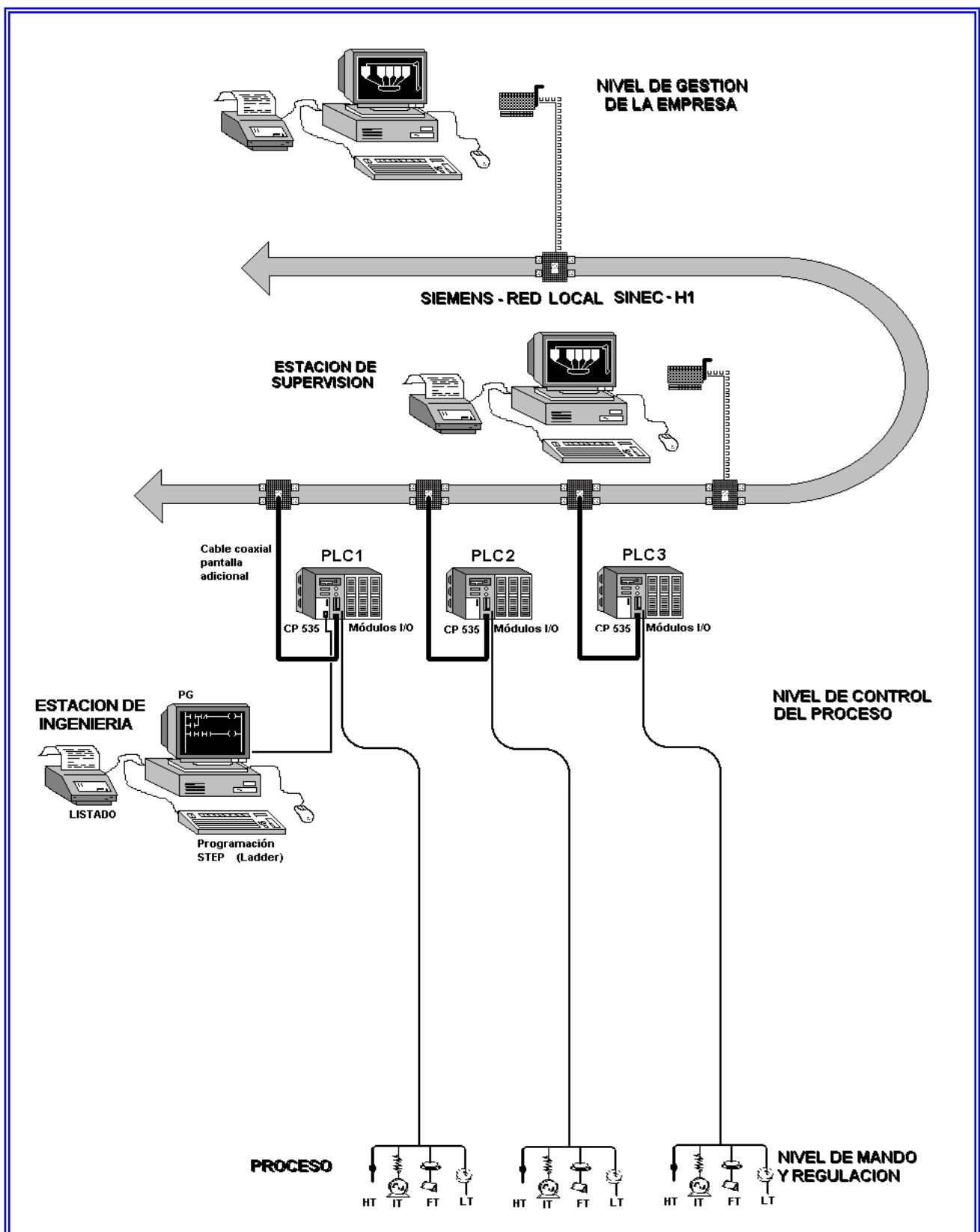


Figura 13. Diseño de la Red Local tipo BUS SINEC H1

5.5. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR EL TIPO DE NORMA DE USO INDUSTRIAL

Para los circuitos de línea en equipos industriales tenemos diferentes especificaciones para la transmisión de datos, esto se muestra resumido en la siguiente tabla:

<i>Especificación</i>	RS – 232	RS – 422A	RS – 423A	RS – 485
Modo de Operación	Un solo hilo	Diferencial	Un solo hilo	Diferencial
Número de Receptores y manejadores permitidos en una sola línea	1 Tx / 1 Rx	1 Tx / 10 Rx	1 Tx / 10 Rx	32 Tx / 32 Rx
Máxima longitud de cable	50 ft	4000 ft	4000 ft	4000 ft
Máxima velocidad de transmisión	20KBPS	100KBPS	10MBPS	10MBPS
Voltaje máximo aplicado a la salida del Manejador	+ - 25V	- 25 ~ +6V	+ - 6V	-7 ~ +12V
SEÑAL DE SALIDA DEL MANEJADOR				
Con carga	+ - 5.0V	+ - 2.0V	+ - 3.6V	+ - 2.0V
Sin carga	+ - 15.0V	+ - 5.0V	+ - 6.0V	+ - 5.0V
Carga del Manejador	3 a 7Kohm	100 ohm.mn	450 ohm.mn	100 ohm.mn
Intervalo de entrada de voltaje al receptor	+ - 15v	- 7 ~ +7v	+ - 12v	-12 ~ +12v
Sensibilidad de entrada al receptor	+ - 3v	200mV	200mV	200mV
Resistencia de entrada al receptor	3 a 7kohm	4kohm	4kohm	12kohm

Figura 14. Tabla de especificaciones de normas de comunicación

- La norma RS – 232 solo soporta un receptor y un manejador para una sola línea, por lo tanto habría que utilizar un puerto serial para cada controlador, además sabemos que la máxima longitud de cable es de 50 pies (15 m. aproximadamente) en donde esto no es suficiente, ya que los controladores están a una distancia aproximada de 100 m.

- La norma RS – 423A también se refiere a aplicaciones de un solo hilo; en este caso la velocidad de transmisión y la longitud de línea son notablemente mayores.
- La norma RS – 422A se aplica al modo de operación diferencial. Con esta norma se abren transmisores de hasta 100kbps (100Kbaudios) para longitudes de línea de hasta 4000 pies (1.2 Km aproximadamente)

Para el presente proyecto y satisfaciendo los requerimientos de un buen sistema de comunicación industrial elegimos la norma RS – 422A, por lo que se analizó anteriormente donde además los manejadores diseñados conforme a esta norma de Tx son capaces de transmitir una señal diferencial (diferencial de datos permite rechazar señales de tierra no deseadas y ruidos de todo tipo) de 2V a un par trenzado de carga de 100 ohm. Los receptores son capaces de detectar una señal diferencial de $\pm 200\text{mV}$. En presencia de una señal de modo común de -7 a $+7$, la norma RS – 422A permite la conexión simultánea de 10 receptores a la línea de un transmisor y su alimentación es de +5V.

6. DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN

6.1. ELABORACIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL

Para establecer los módulos de trabajo, es conveniente que cada módulo represente un proceso o sección automática, es decir si a cada módulo se le asigna una determinada función, al programar se obtienen módulos de estructura clara con interfaces perfectamente definidas respecto a los módulos restantes; y en consecuencia se obtienen ventajas en la programación ya que repercuten favorablemente durante la puesta en marcha, simplificando considerablemente la prueba por secciones del programa, lo que redundará en una mayor facilidad para localizar errores.

1. MÓDULOS DE ORGANIZACIÓN (OB)

Estos módulos constituyen la interface al programa de sistema del automático. El programa de sistema solo los llama para determinados modos de procesamiento y en caso de error. Los módulos OB contienen, listados de forma ordenada, las llamadas a los módulos restantes.

2. MÓDULOS DE PROGRAMA(PB)

En estos módulos está contenida la mayor parte del programa. En ellos se puede representar gráficamente el programa. El tamaño óptimo de los módulos corresponde a más de 2000 instrucciones. La cantidad total de módulos de programa es de 256.

3. MÓDULOS FUNCIONALES(FB)

Permiten realizar funciones que se repiten con gran frecuencia o que presentan una gran complejidad. En el primer caso, el módulo FB se almacena una sola vez en la memoria de programa desde donde es

llamado las veces necesarias por los módulos de mayor rango. Estos módulos también se emplean cuando para realizar la tarea de control deban utilizar instrucciones STEP7 no representables gráficamente. Es posible utilizar 256 módulos funcionales FB y en algunas tarjetas centrales, 256 módulos FX más.

4. MÓDULOS DE PASO(SB)

Estos módulos contienen los pasos elementales de un control secuencial. Se utilizan combinadas con el módulo funcional "control secuencial", que se encargan de procesar la cadena secuencial. Existen 256 módulos SB.

5. MÓDULOS DE DATOS(DB)

Contiene los datos propiamente dichos del programa de aplicación. Constituyen pues determinadas áreas de la memoria de usuarios a las que se accede por llamadas. Los módulos DB no son tratados por el procesador. Además a los 256 módulos de datos DB presentes normalmente, algunas tarjetas centrales tienen también 256 módulos de datos DX.

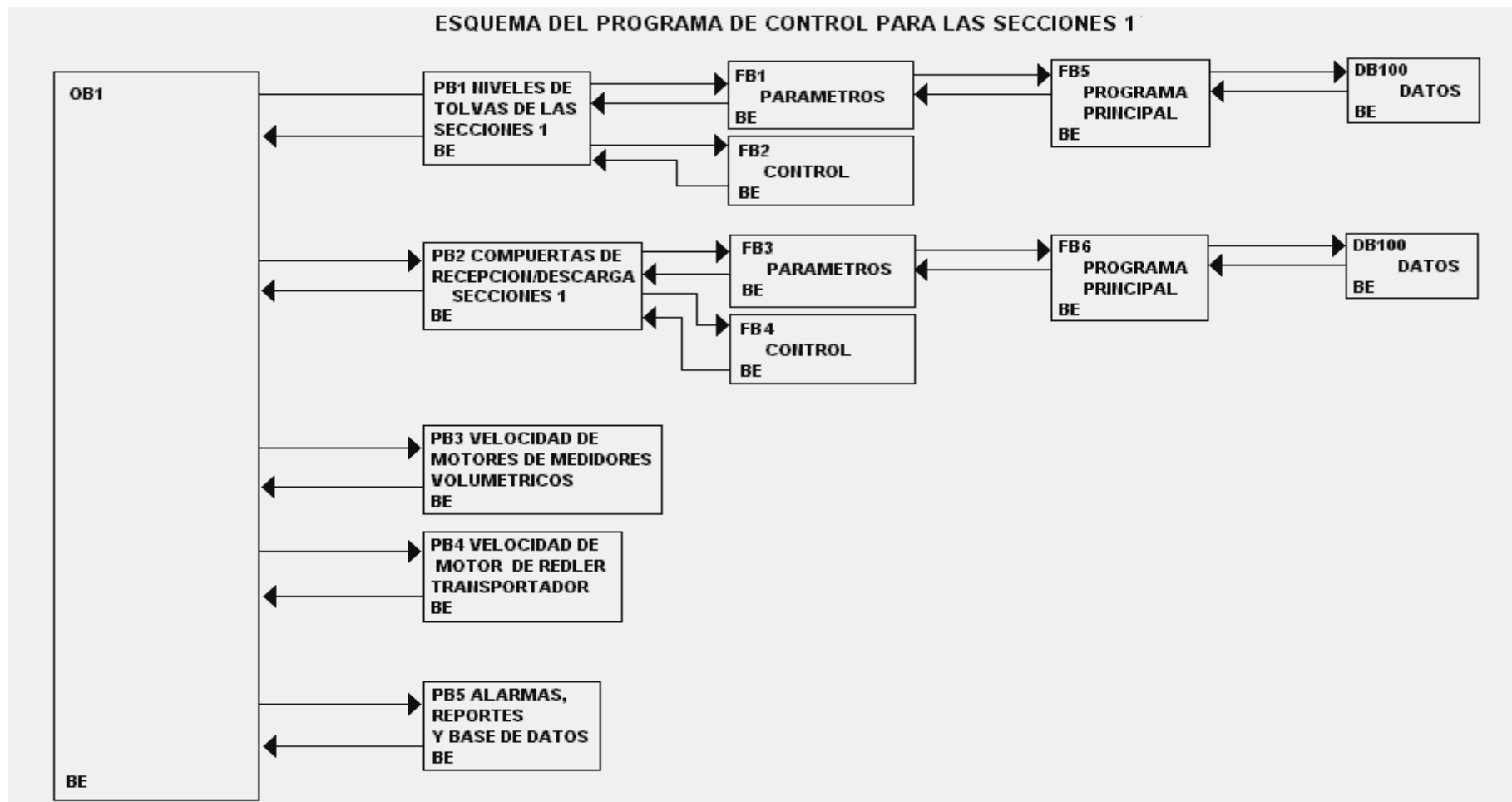


Figura 15. Programa de control de las secciones 1 y 2

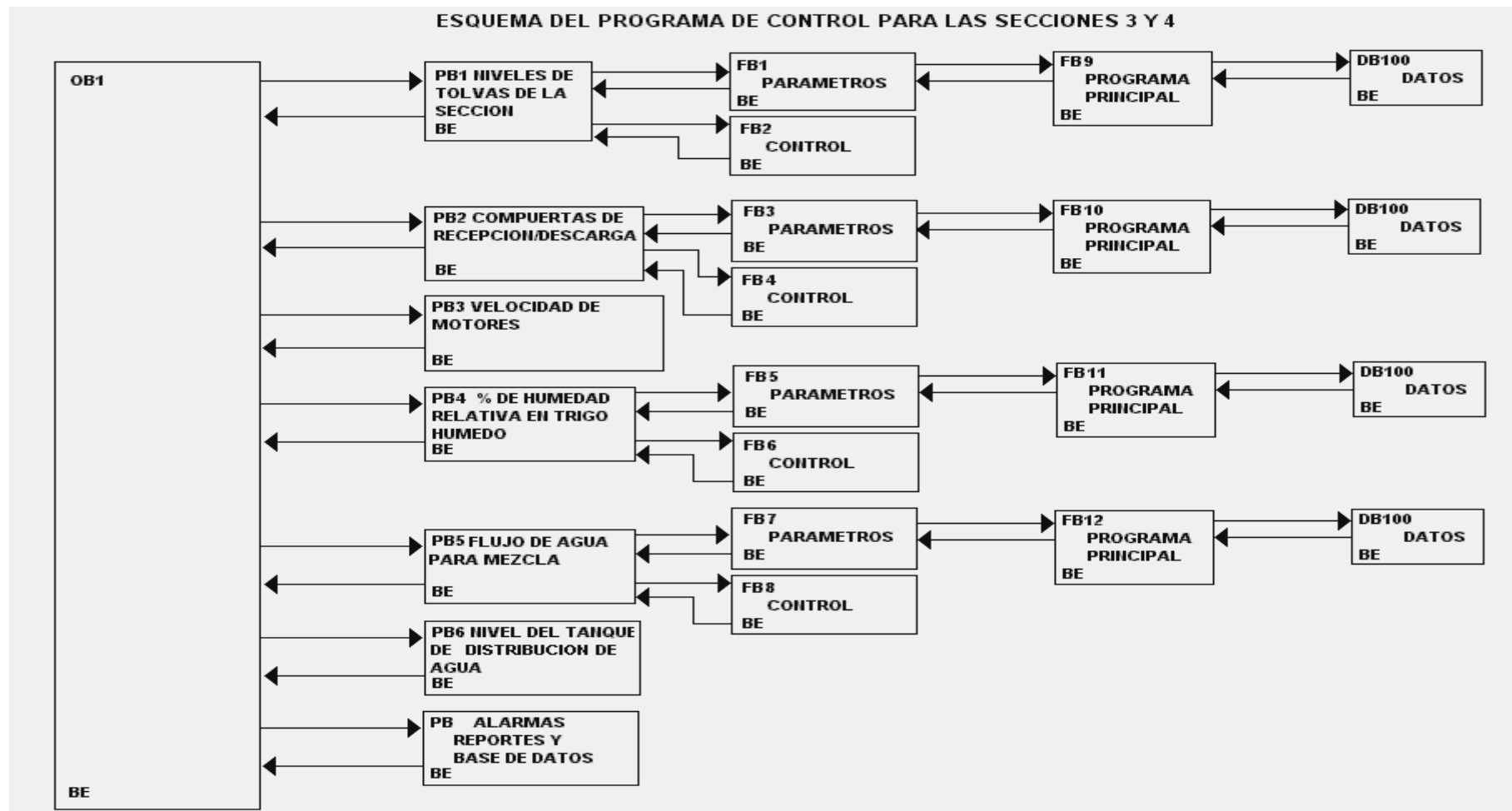


Figura 16. Programa de control de las secciones 3 y 4

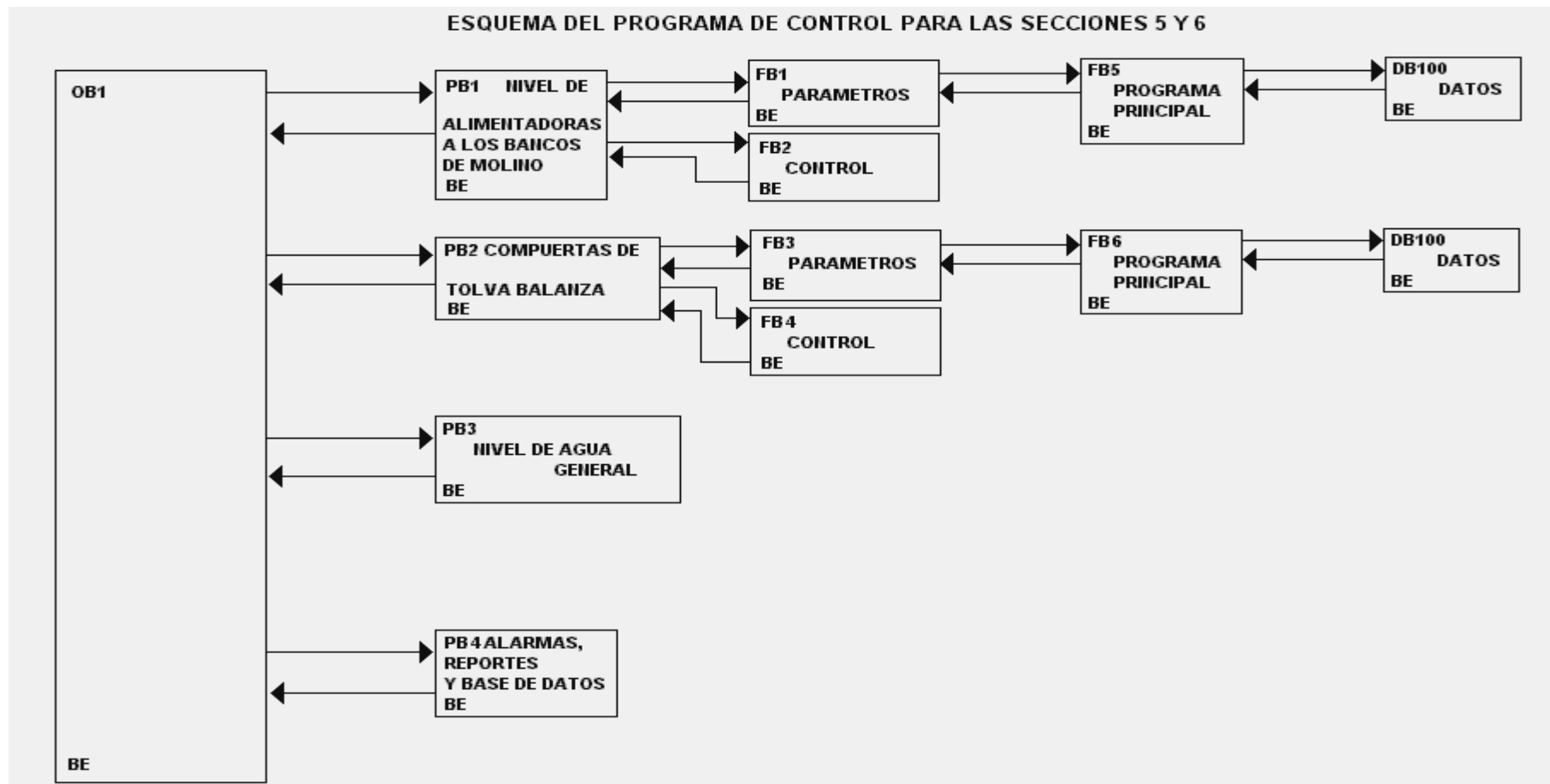


Figura 17. Programa de control de las secciones 5 y 6

A continuación se muestran algunos programas desarrollados para el control de las principales secciones:

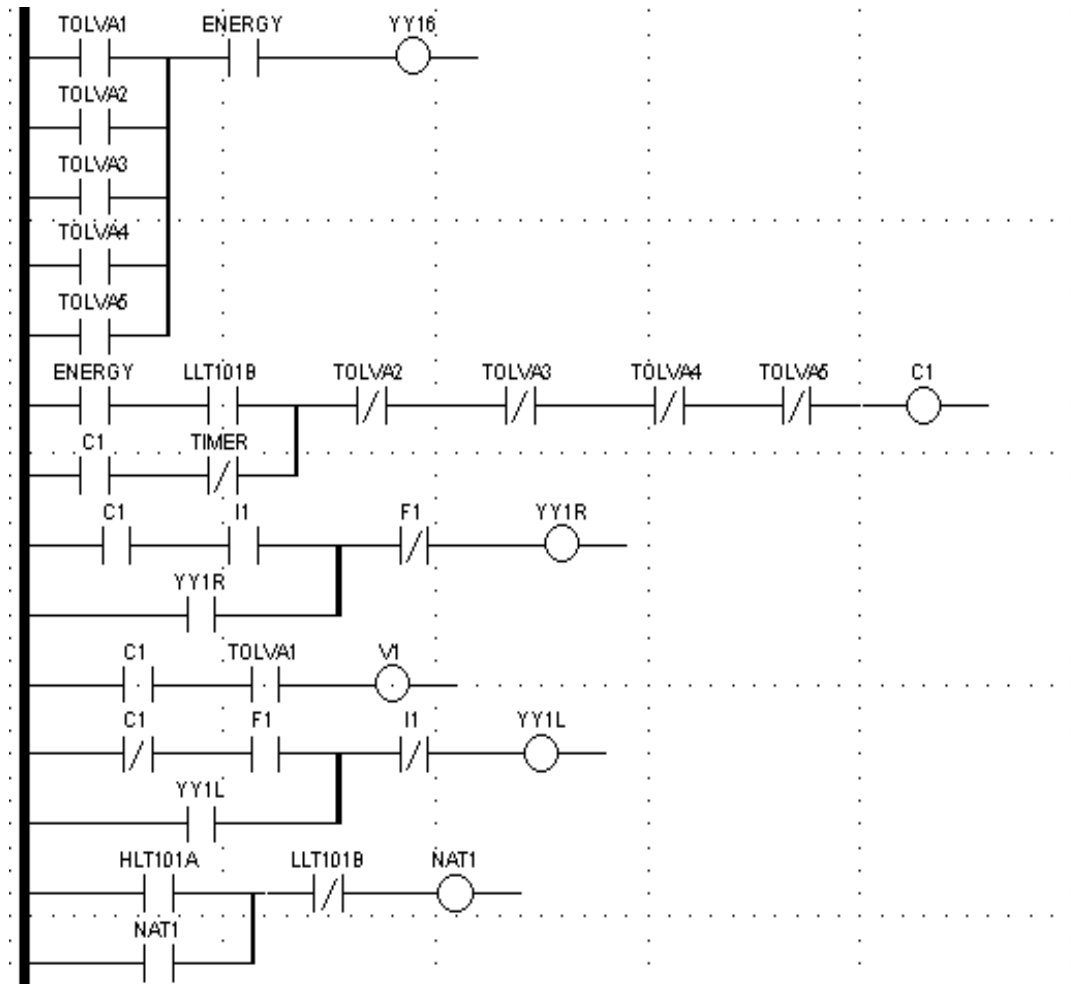


Figura 18. Programa ladder de Recepción y Almacenamiento

En este programa se muestra el programa de control, para poder realizar la recepción de materia prima en las tolvas de almacenamiento. Como se aprecia se propone seguir una secuencia de prioridades de llenado, es decir una después de otra.

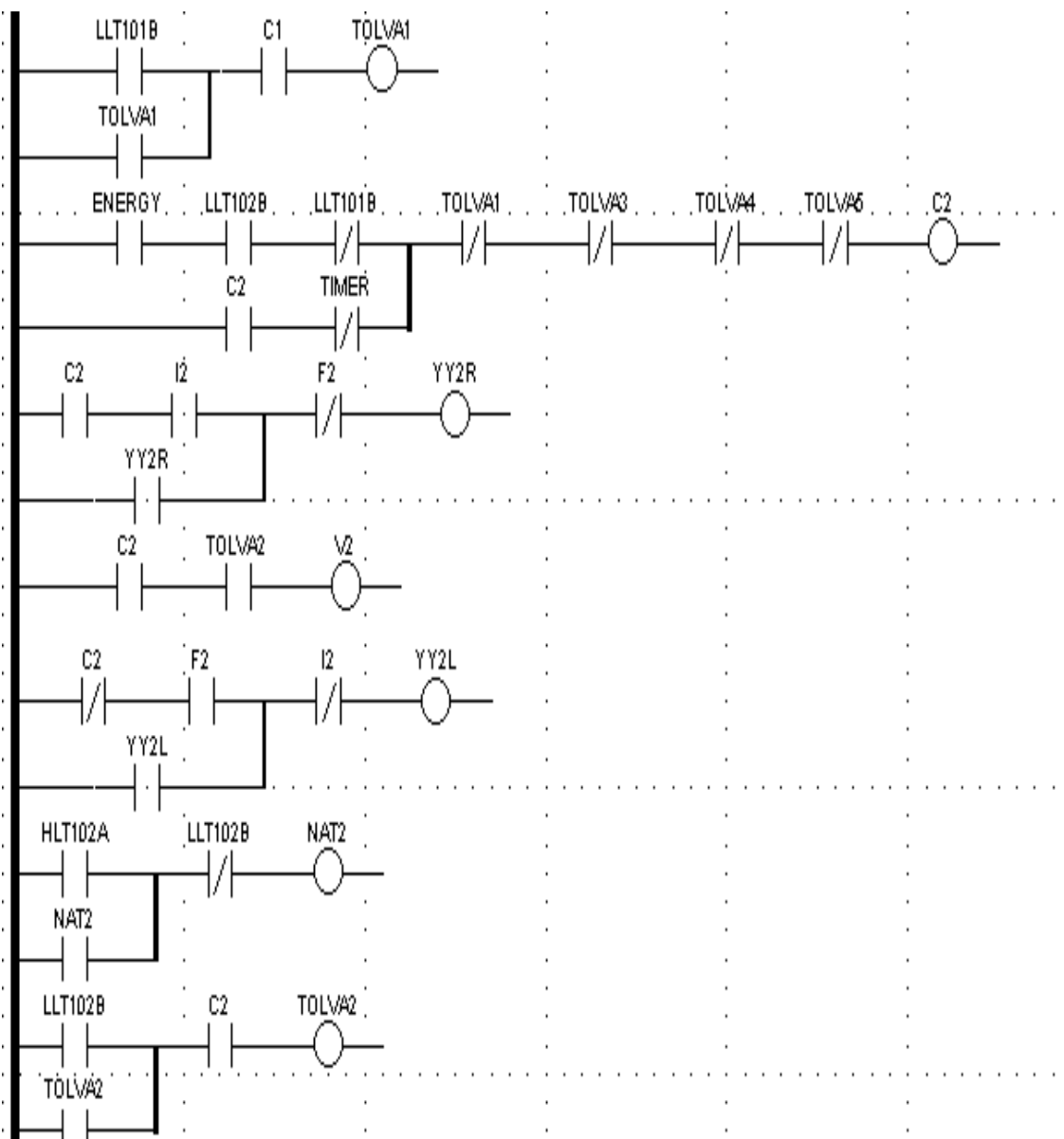


Figura 19. Programa ladder de Recepción y Almacenamiento

En la continuación del programa se aprecia que se tienen en cuenta el estado de los sensores de posición, para poder controlar el movimiento del distribuidor giratorio, así como los sensores de nivel respectivo.

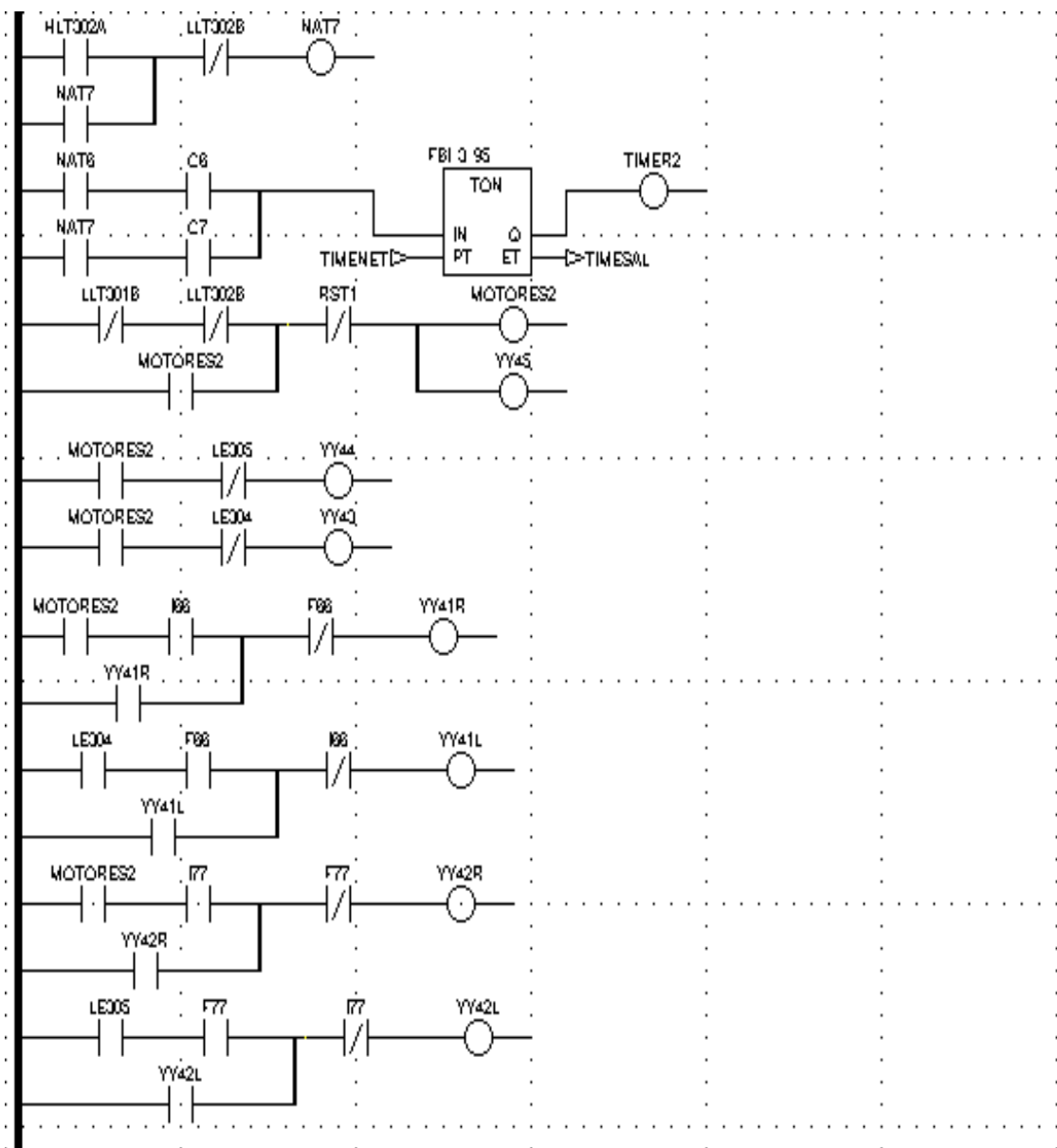


Figura 20. Programa ladder de Limpieza de Materia Prima

En este programa se aprecia la activación de los motores que manejarán a los sopladores separadores, así como a la zaranda y a la despedradora que separaran de piedras e impurezas a los granos.

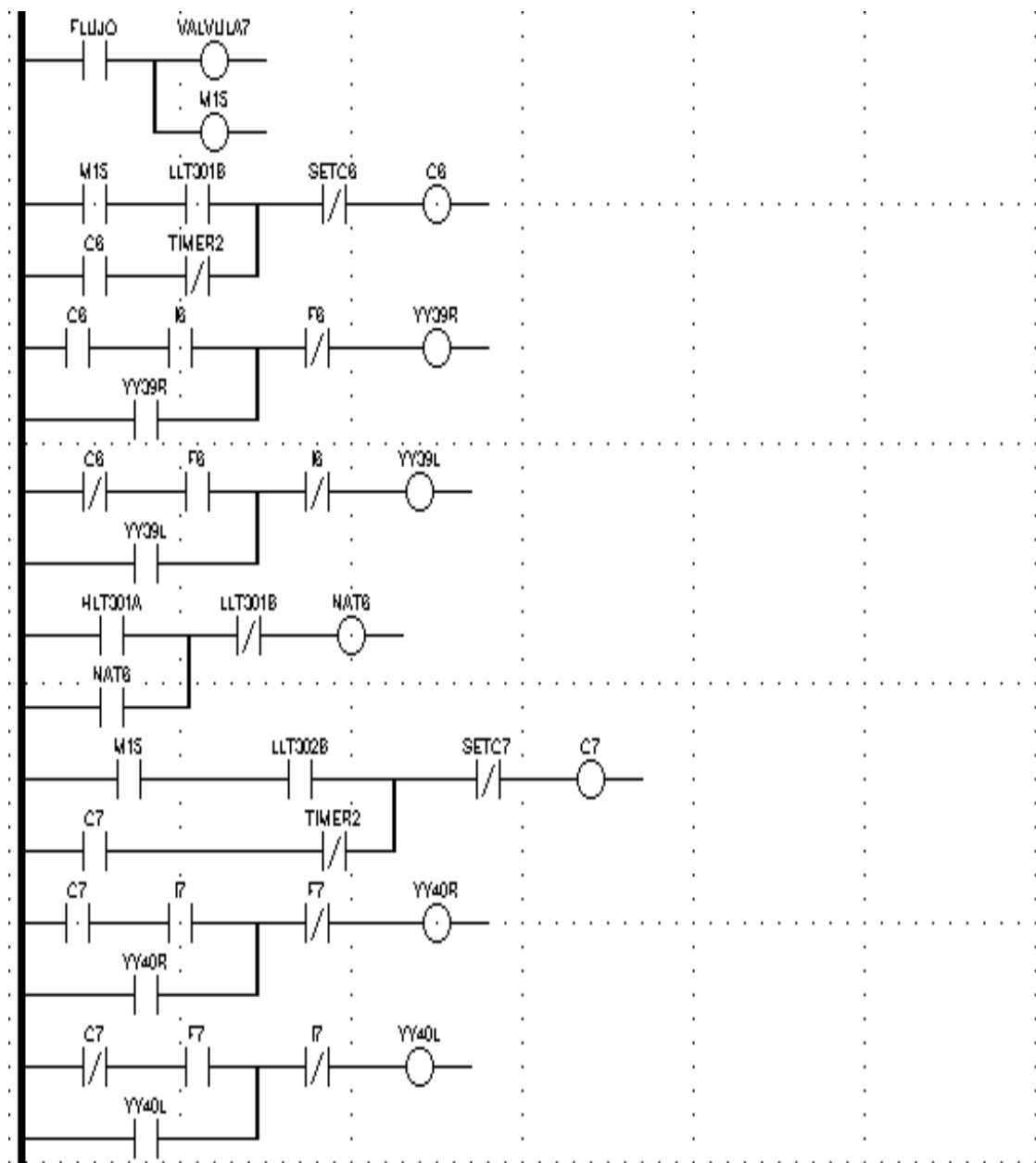


Figura 21. Programa ladder de Mezclado y Adición de Agua

En este programa se controlará la adición de agua a través de la válvula moduladora de ingreso, considerando la confirmación de flujo. Así también se medirá la humedad generada y el movimiento del transportador helicoidal.

6.2. ELABORACION DEL SOFTWARE SUPERVISOR

Los Software de Programación referido a la Supervisión y Control de Procesos que se utilizan actualmente son de diferentes tipos, ya sea en programación estructurada u orientada a objetos (utilizada actualmente).

A continuación enumeramos algunos de estos Software de Programación (orientado a objetos) utilizados en la Industria de Procesos:

- Intouch : Programación Código – Gráfica
- Visual Basic : Programación Código
- Visual Fox : Programación Código
- Visual C++ : Programación Código
- Lookout : Programación Código – Gráfica
- CVI/LabWindows : Programación Código – Gráfica
- Labview : Programación Gráfica (Labview V.5.1. Código Matlab)

El Intouch, es uno de los primeros software de programación utilizado en la supervisión de procesos industriales, es tal vez el más utilizado actualmente por las empresas, pero hay una tendencia a utilizar otros paquetes de programación ya mencionados. La denominación “Visual XXX” corresponde a los software desarrollados por Microsoft Corporation; y la National Instruments desarrolla los paquetes de Programación Código - Gráfica a excepción del Intouch, como el Lookout y Labview, lenguajes muy conocidos actualmente y que están entrando a competir en el mercado de la Industria de Control de Procesos.

Para el desarrollo del presente Proyecto de Tesis, se optó por el Lenguaje de Programación Gráfica Labview de National Instruments, dada la versatilidad y ventajas que este presenta para la programación,

así como el acceso ya que los demás software tienen protección industrial.

A continuación se muestran las principales pantallas elaboradas con este software:

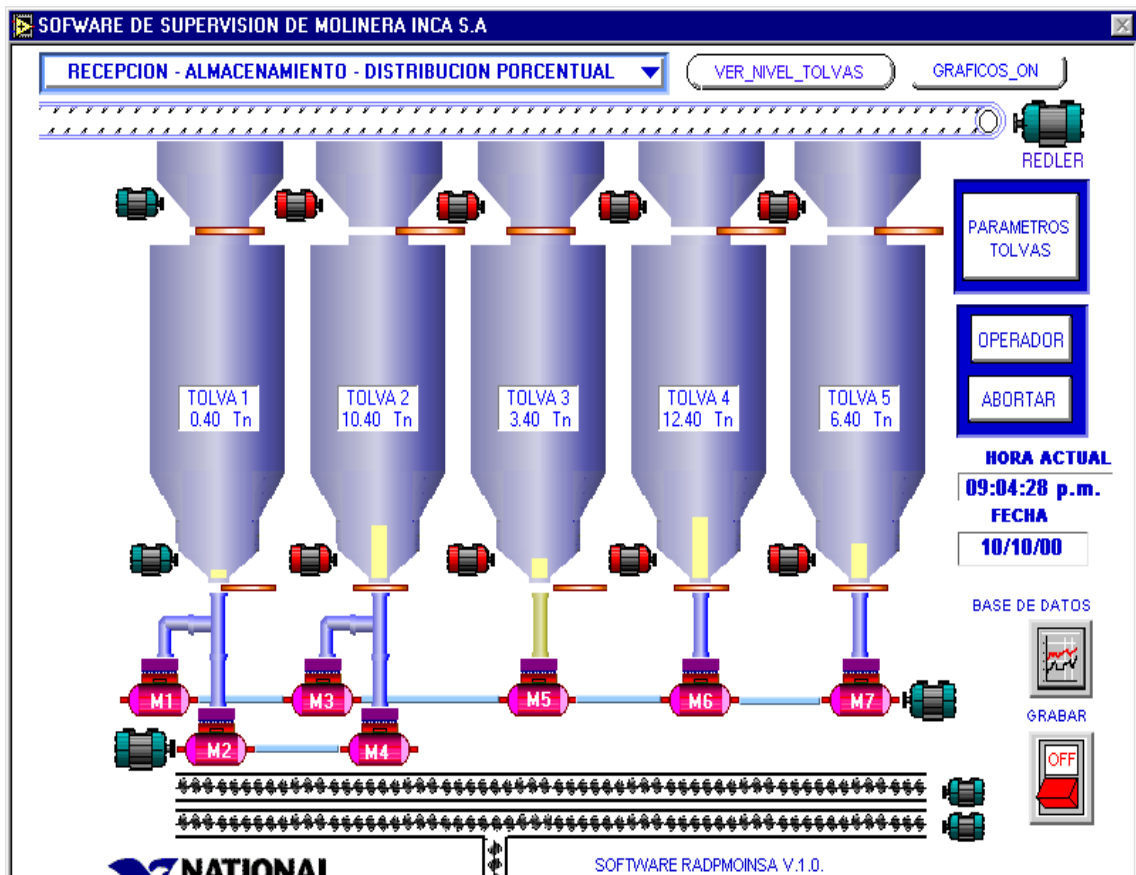


Figura 22. Pantalla de Recepción y Almacenamiento

En esta pantalla se muestra en forma gráfica las tolvas de recepción, como se aprecia es posible ver la capacidad de cada una de ellas. El sistema nos muestra la activación de las compuertas de salida, así como del transportador de salida hacia la siguiente etapa.

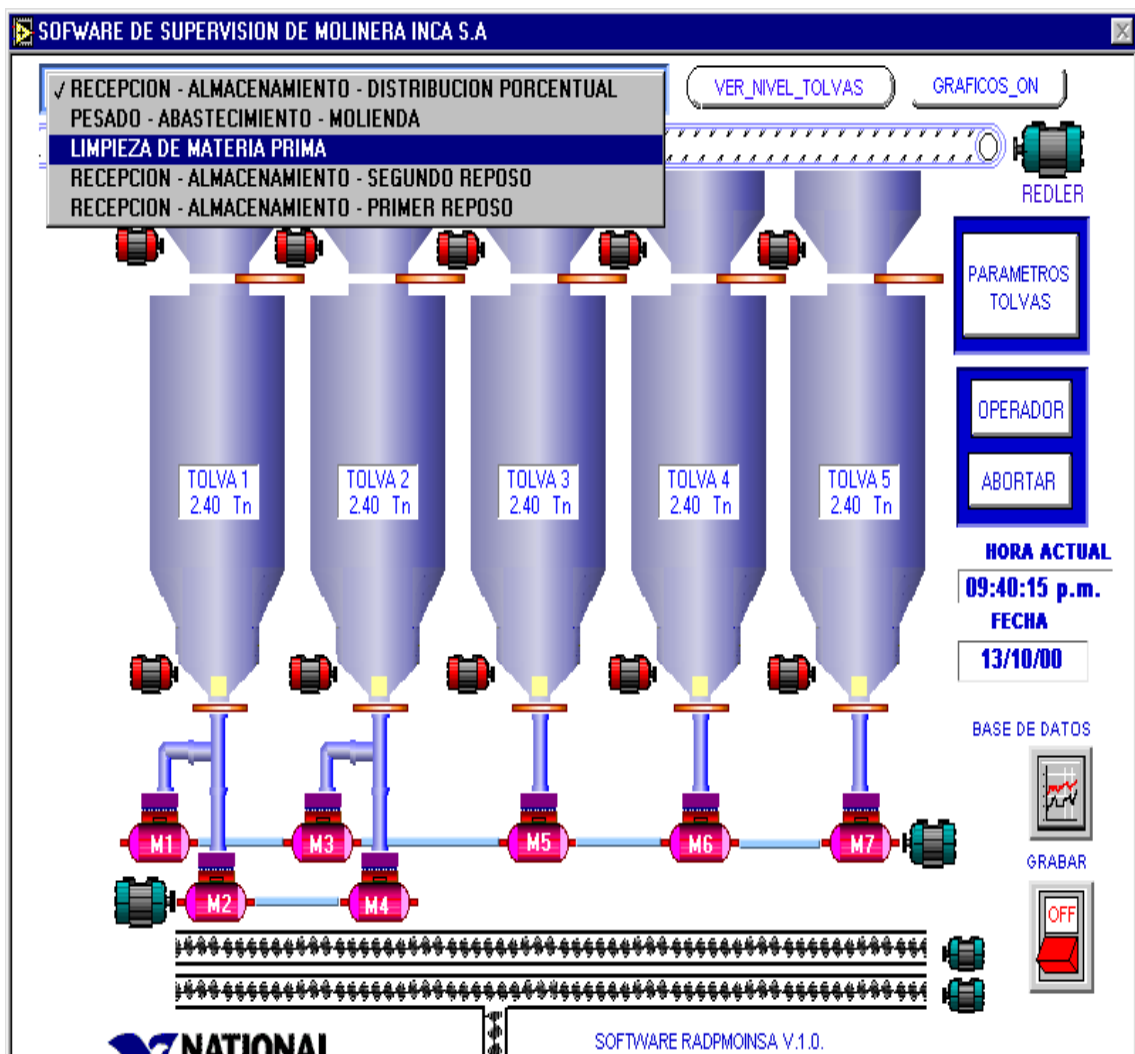


Figura 23. Pantalla de Barra de menús opcionales

En esta pantalla se muestra como accederíamos a la barra de menús, la que nos permitiría seleccionar las demás etapas. También se aprecia las opciones para otras funciones como gráficas o base de datos.

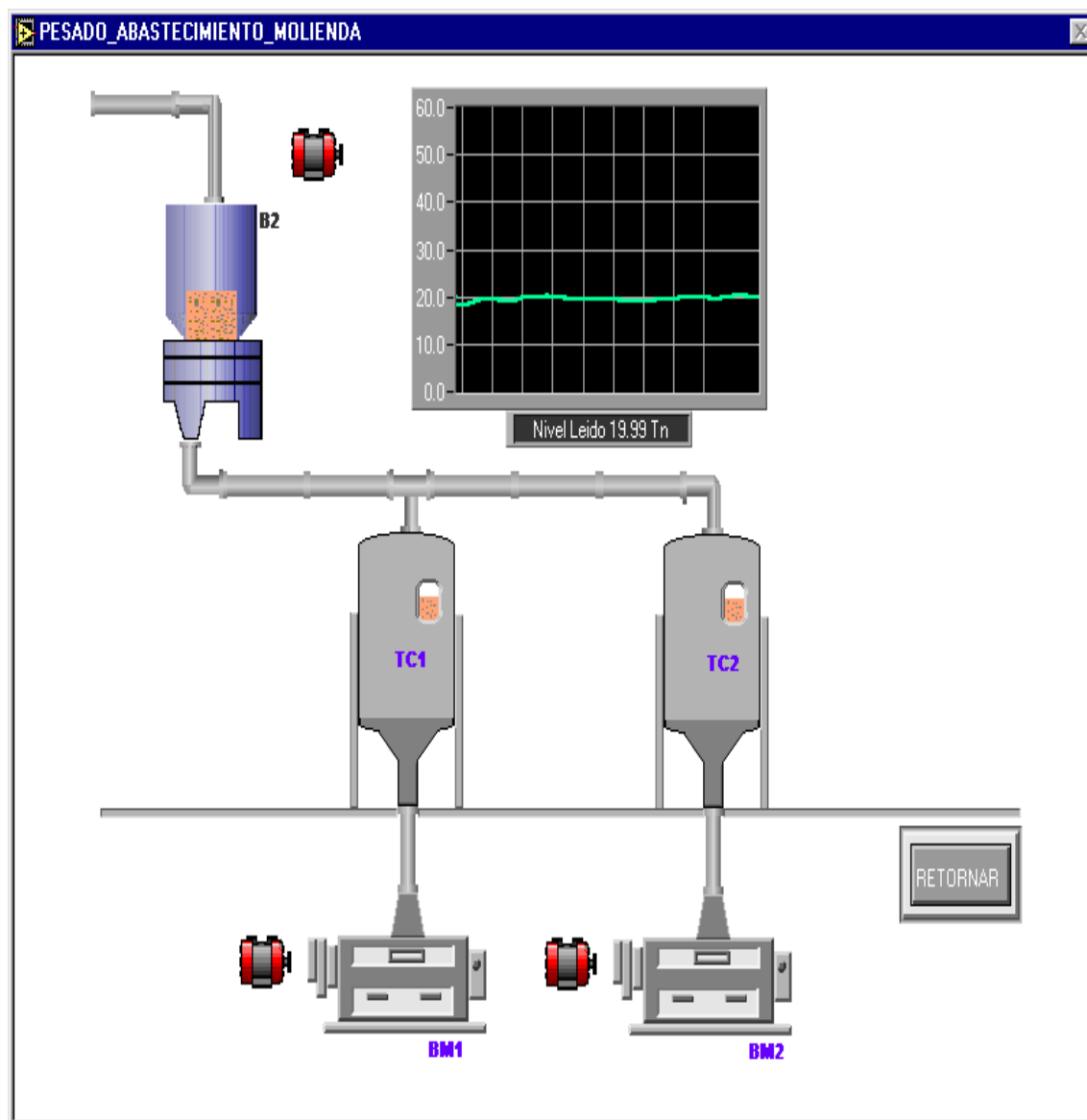


Figura 24. Pantalla para Pesado y Molienda

Esta pantalla muestra la etapa de pesado y molienda, se observa el funcionamiento de la tolva balanza, así como la gráfica respectiva del pesaje en toneladas que se almacena en los silos hacia los molinos.

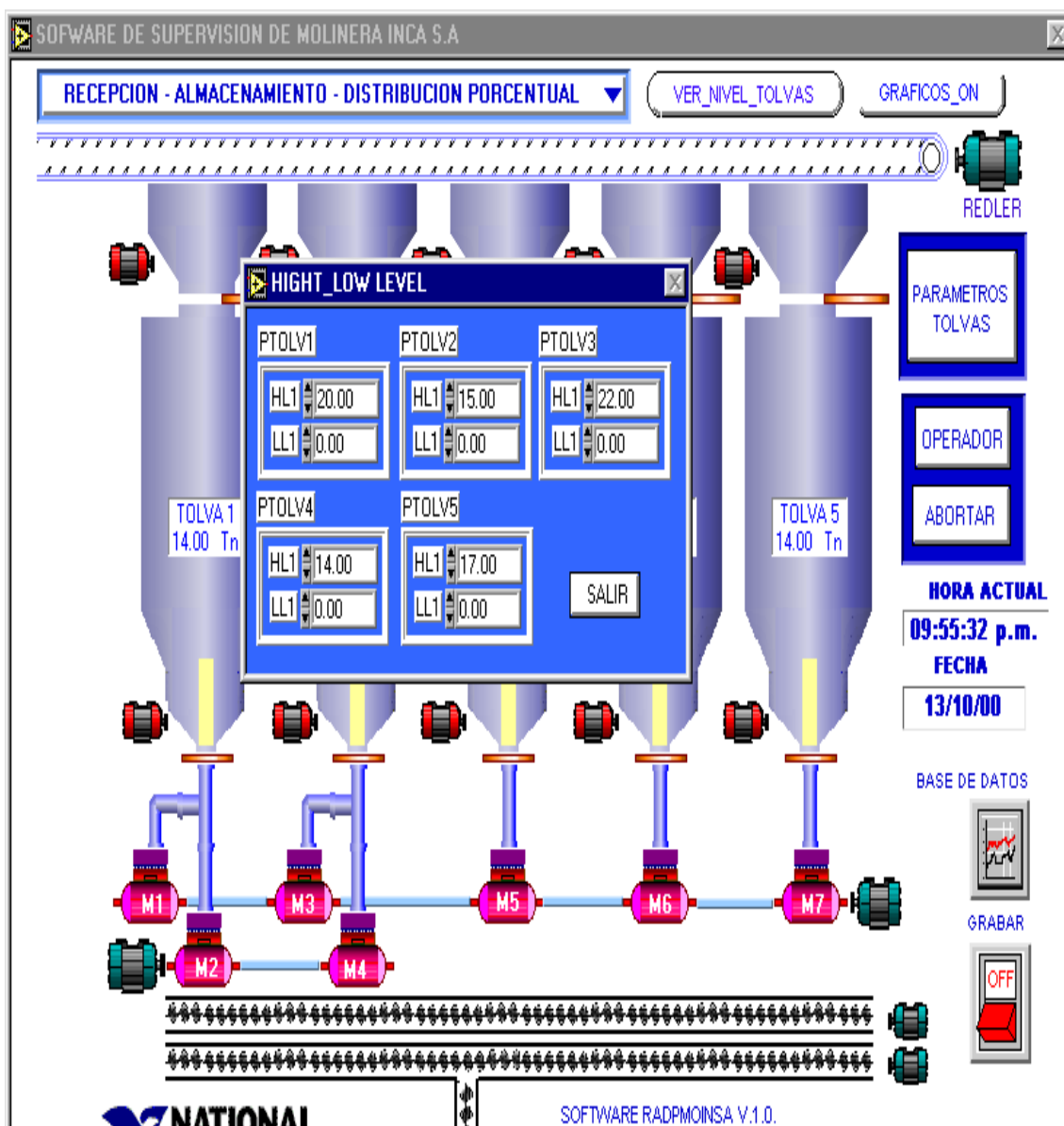


Figura 25. Pantalla de Recepción y Almacenamiento

Esta pantalla nos permite apreciar los niveles de las tolvas de recepción, así como ajustar los set-points de los límites bajos y altos para el llenado. Normalmente el límite bajo se deja en 0.

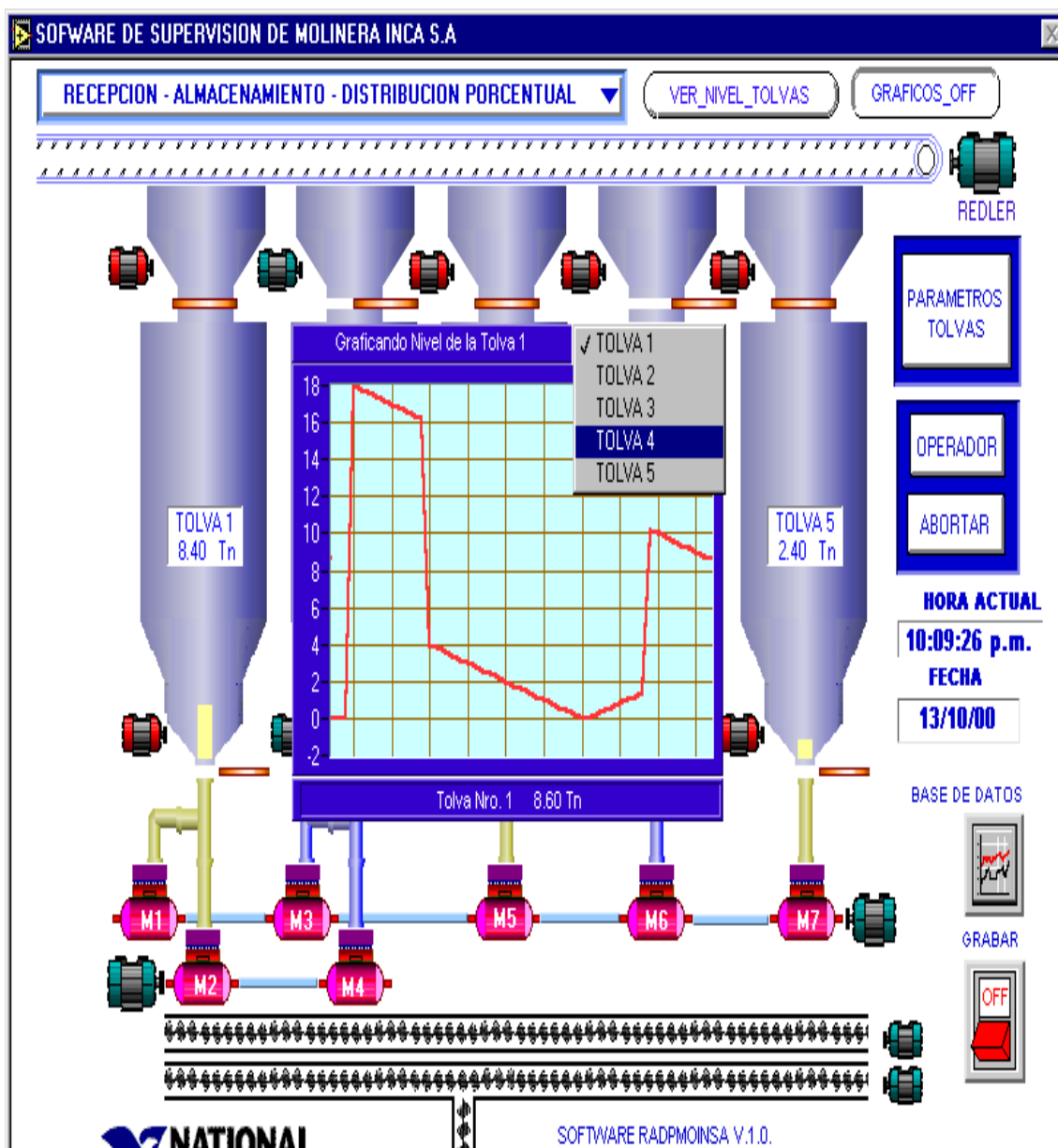


Figura 26. Pantalla de Gráficas en tiempo real

Esta pantalla muestra los gráficos en tiempo real que podemos obtener de la variación de los niveles de las tolvas. Se pueden generar varios gráficos de cada una de ellas indicando el rango de tiempo.

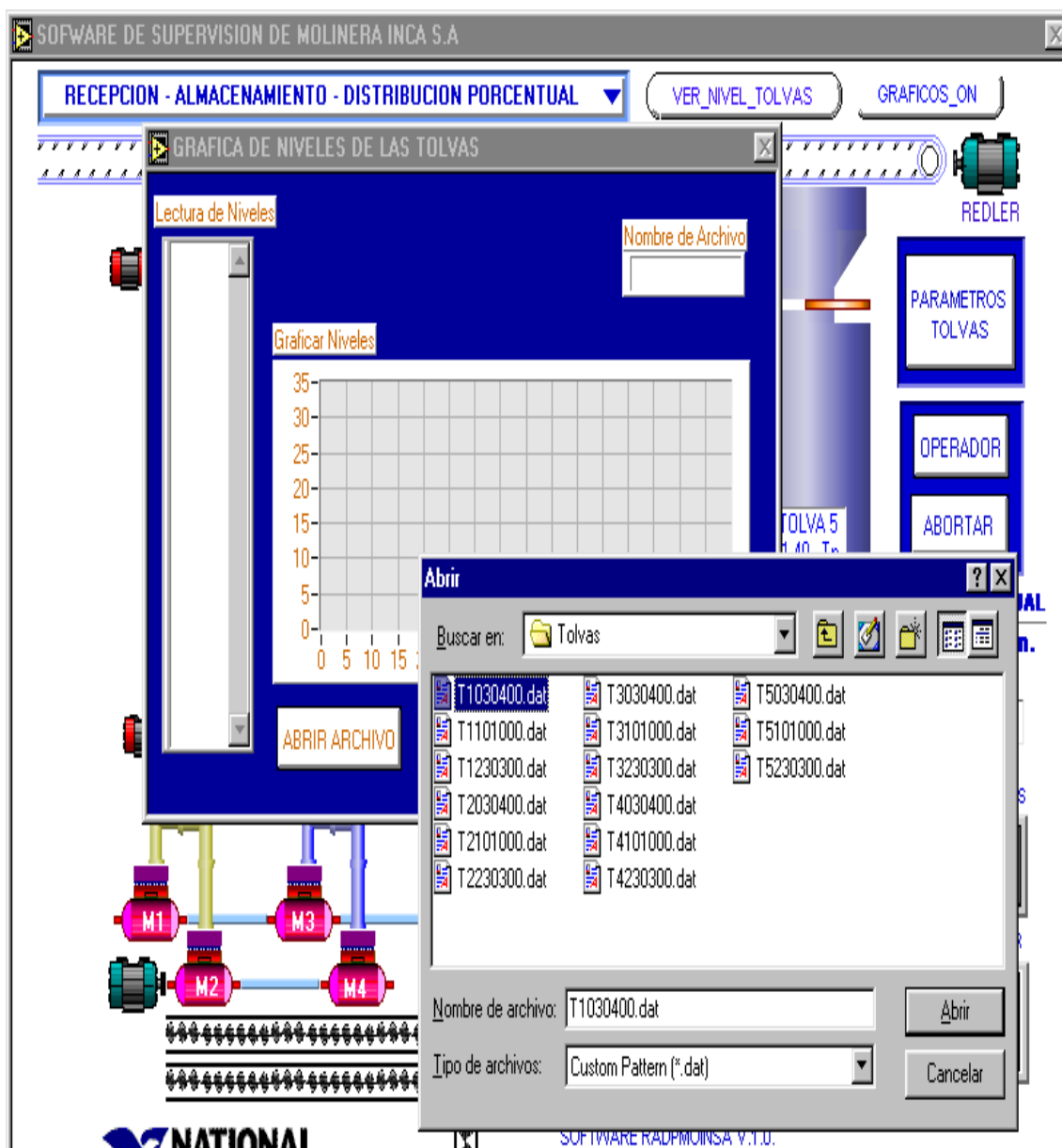


Figura 27. Pantalla de Registros Históricos

Esta pantalla muestra como almacenar los registros históricos de las gráficas en tiempo real, así como acceder a los archivos generados y como guardarlos en una carpeta seleccionada.

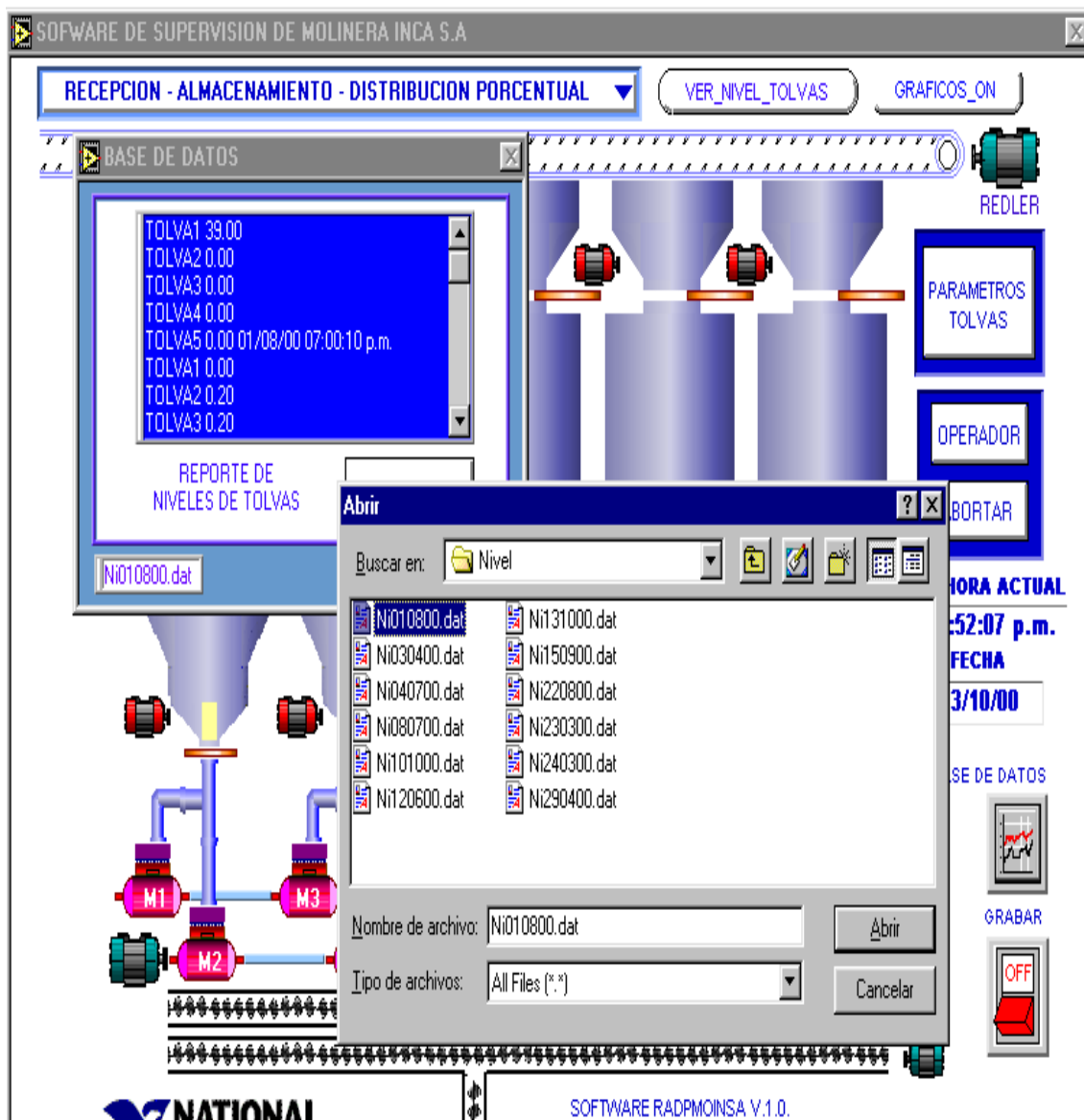


Figura 28. Pantalla de Base de datos

Esta pantalla muestra como generar una base de datos, almacenarla en una carpeta seleccionada, así como también como podemos recuperar esta información para poder visualizarla.

7. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

7.1. DESCRIPCION Y SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE POTENCIA

Los tipos de dispositivos de potencia utilizados en este proyecto son:

- Los contactores de potencia 3TF.
- Los relés de sobreintensidad 3UA.
- Los interruptores termomagnéticos CQD, y
- Los fusibles de protección D o NH

Todos ellos de fabricación SIEMENS y cuyas principales características se detallan en la tabla A, además de otros criterios generales a considerar tales como:

- Conformidad con las normas IEC 947 – A para arranque de motores.
- Fácil identificación de los terminales de conexión.
- Fácil instalación y mantenimiento en el cambio de bobinas y contactos auxiliares.
- Montaje rápido sobre riel soporte en los contactores 3TF40, 3TF41, 3TF42 y 3TF46; en los interruptores termomagnéticos CQD315, CQD320 y con los relés térmicos 3UA50, 3UA52.

VII. **TABLA A: PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE POTENCIA**

CONTACTOR DE POTENCIA (KM) TIPO 3TF	RELE TERMICO DE SOBREINTENSIDAD (F) TIPO 3UA	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO (Q) CQD
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Maniobras de Motores con rotor bobinado o en corto circuito. ❑ Corriente máxima de servicio (hasta 500v.) ❑ Potencias de motores trifásicos normalizados. ❑ Corriente nominal de servicio en 400 °C (hasta 600 V) 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Proporciona rangos de ajuste. ❑ Fusibles máximos (Diazed o NH). ❑ Botón de rearme automático en manual. ❑ Botón de test desconectado. ❑ Indicador visual de sobrecarga. 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Disparador por sobrecarga ❑ Disparador por cortocircuito. ❑ Capacidad de ruptura a AC 277/ 480. ❑ Calibración del disparador a 40 °C.

Para el presente proyecto se seleccionó los dispositivos de potencia tomando como base las características de la tabla adjunta, por lo tanto se ha detallado una tabla comparativa con los datos técnicos para cada tipo de motor trifásico (ver Tabla B).

TABLA B: DATOS TECNICOS DE LOS DISPOSITIVOS DE POTENCIA SELECCIONADOS

Características del Motor	II. <u>CONTACTOR DE POTENCIA</u>			FUSIBLE DE PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO		INTERR. TERMOMAG. (Q)			RELE TERMICO DE SOBREENINTENSIDAD (F)	
	TIPO 3TF	POT. MOTOR NORMALIZ.	CORRIENTE MAX. DE SERV. (HASTA 500V.) AMP.	TIPO DIAZED O NH		TIPO CQD	DISPARADOR POR SOBREC. (AMP.)	DISPARADOR POR CORTO CIRC.	TIPO 3UA	RANGOS DE AJUSTE (AMP.)
MR: 8HP / 5.88KW - 7.4 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 1	6.6KW	12	D O NH	16	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10
MT1-MT5: 1.2HP / 0.88KW - 3.2 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 0	4.5KW	9	D O NH	16	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10
MV: 1.8HP / 1.32KW - 3.2 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 0	4.5KW	9	D O NH	16	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10
MG: 1.2HP / 0.88K - 4.5 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 0	4.5KW	9	D O NH	16	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10
MS: 1.8HP / 1.32KW - 1.8 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 0	4.5KW	9	D O NH	16	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10
MZ: 1.8HP – 440V / 60Hz	3TF4 0	4.5KW	9	D O NH	16	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10

MS: 1.8HP / 1.32KW - 3.2 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 0	4.5KW	9	D O NH	16	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10
MTR: 8HP / 5.88KW - 8.4 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 1	6.6KW	12	D ONH	16	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10
MMO: 30HP/22KW - 3.8 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 6	25.7KW	45	D O NH	100	CQD31 5	15	850	3UA50	0.1...10
MS: 6.6HP / 4.85KW - 18.4 Amp. – 440V / 60Hz	3TF4 1	6.6KW	12	D O NH	16	CQD31 5	15	850	3UA54	0.1...32

7.2. ELECCION Y ESTRUCTURACION DEL PLC APROPIADO

Los criterios que mencionaremos a continuación son los básicos a tener en cuenta para una buena elección y estructuración del PLC apropiado, suficientes para una gran cantidad de aplicaciones de tipo industrial.

- Alimentación eléctrica
- Módulos de entradas discretas
- Módulos de salidas discretas
- Módulos de entradas analógicas
- Módulos de salidas analógicas
- Capacidad de memoria
- El lenguaje de programación
- Protocolo de Comunicación

A continuación detallaremos mediante una tabla comparativa las principales características de los PLC's propuestos y basándose en un análisis de criterios determinaremos cual de los PLC's será el seleccionado.

Para el presente Proyecto de Automatización los criterios que mencionamos son de los siguientes PLC's industriales:

- Marca SIEMENS
Modelo SIMATIC S7-315
- Marca TELEMECANIQUE
Modelo TSX MICRO
- Marca MODICON
Modelo COMPAC 984 – A – 145

COMPARACION ENTRE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS PLC'S PROPUESTOS

CARACTERISTICAS	IX. <u>PLC'S</u>		
MARCA	SIEMENS	TELEMECANIQUE	MODICON
MODELO	SIMATIC S7-315U	TSX-MICRO	COMPAC 984-A-145
ALIMENTACION	110-240 VAC	110-240 VAC	24 VDC ó 115/230 VAC
ENTRADAS ANALOGICAS	IP 260 4ENT./SAL. multigama, 12 BITS Resoluc.	TSX AEZ 414 4 ENTRADAS 0-10V; 4-20 mA. 11 bits de Resoluc.	ADU 204: 4 ENT.
ENTRADAS DISCRETAS	15-420-7LA11 32 ENT. ALIM. 24 VDC	TSX DMZ 28 DR 16 ENT. 24V.	DEP 208: 8 ENT. ALIM. 220VAC. DEO 216:16 ENT. ALIM. 24 VDC.
SALIDAS ANALOGICAS	IP 260 4 ENT./SAL. MULTIGAMA,12 BITS RESOLUC.	TSX ASZ 200 2 SAL. ±10V; 4 -20 mA. 11 bits de Resoluc.	DAU 202: 2 SAL
SALIDAS DISCRETAS	15-441-7LA11 32 SAL. TIPO RELE	TSX DMZ 6 DTK 12 SAL. RELE	DAP 208: 8 SAL-24 VD DAP 209: 8 SAL-120VA DAP 216: 16 SAL- 24VDC.
DIMENSIONES FISICAS	16,5 x 8,5 x 6 cm	ALT.151 mm. PROF.108 mm.	21,3X14,2X12 cm.
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC'S	PROFIBUS RED LOCAL SINEC H1	BUS UNI-TELWAY RED LOCAL FIPWAY	MODBUS PLUS
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA PERIFERICOS	SERIE ESTANDAR		MODBUS ESTANDAR
LENGUAJE DE PROGRAMACION	STEP7	PL7 MICRO	MODSOFT. COMPACT-984
MEMORIA RAM	700-375-OLD11 8 KB. 700-375-OLD21 16 KB. 700-375-OLD31 32 KB. 700-377-OAB31 64 KB	7,8 K INSTRUCC. BOLE (2K PALABRAS DE DATOS)	FORMATOS: 3K Bytes 8K Bytes 16K Bytes
MEMORIA EPROM	700-375-1LA15 8KB. 700-375-1LA21 16 KB. 700-375-1LA41 32 KB. 700-375-1LA61 64 KB. 700-375-1LA71 128 KB	4.7K LISTA DE INSTRUCCIONES.	8K Bytes
TARJETA DE EXPANSIÓN	S5-IM 306 (MOD.INTERF. PARA RACKS DE EXPANC.)		MODULOS A120
TARJETA DE INTERFAZ A RED	CP 535 (Proc. de com.) Medio Fisico TX: cable coaxial apantallado (a través de Transc. BT 775	PCMCIA (TSX FPF 20) Cable de conexión para tarjeta de RED TSX FPCG (1m.)	
SISTEMA OPERATIVO	PCP/M-86 MS DOS 3.3 y Flex OS 386		TELECARGABLE

Para nuestro caso hemos optado por seleccionar un PLC SIMATIC S7 – 315U de SIEMENS.

Se adoptó las salidas digitales de tipo relé, ya que permiten trabajar tanto en DC como en AC y en diversos niveles de tensión.

Para nuestro proyecto elegimos el módulo de entrada de 12 bits de resolución, usaremos entradas de señales de corriente estándar (4 - 20mA) ya que no presenta los problemas importantes que se dan con las señales de tensión que son: el ruido eléctrico y la caída de tensión.

Las salidas analógicas pueden ser de dos tipos: de tensión y de corriente. Las señales más frecuentes usadas son las de 4 a 20mA. y las de 0 a 10V.

Los criterios que hemos tenido en cuenta para seleccionar el módulo de salida analógica, son muy similares a los considerados para los módulos de entrada, es decir: número de señales, tipo, resolución y tiempo de respuesta.

La capacidad de memoria debe de ser lo suficientemente grande como para desarrollar el programa necesario.

Las capacidades típicas de las memorias RAM son de 8, 16, 32, 64, 128, 256Kb, para nuestro caso se eligió la memoria RAM de 128Kb (700 – 377 – 0AB31).

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS PLC'S APROPIADOS PARA EL NIVEL DE CONTROL

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
01	<p>UC100 Controlador Lógico Programable FABRICANTE: SIEMENS MODELO: SIMATIC S7 - 315u USO: Control de las Secciones 1 y 2 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuente: Integrada en el chasis - Memoria: 64KB - Módulo Id: 15 - 420 – 7LA11 32E – 24VDC - Módulo Od: 15 – 441 – 7LA11- 32S tipo relé - Módulo Ia: IP260 4 E/S Multigrama 12bits - Módulo Oa: IP260 4 E/S Multigrama 	1
02	<p>UC200 Controlador Lógico Programable FABRICANTE: SIEMENS MODELO: SIMATIC S7 – 315u USO: Control de las Secciones 3 y 4 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuente: Integrada en el chasis - Memoria: 32KB - Módulo Id: 15 -420 – 7LA11 32E - 24VDC - Módulo Od: 15 – 441 -7LA11 32S tipo relé - Módulo Ia: IP260 4 E/S Multigrama 12bits - Módulo Oa: IP260 4 E/S Multigrama 	1
03	<p>UC300 Controlador Lógico Programable FABRICANTE: SIEMENS MODELO: SIMATIC S7 - 315u USO: Control de las Secciones 5 y 6 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuente: Integrada en el chasis - Memoria: 32KB - Módulo Id: IP260 4 E/S - Módulo Od: 15 – 441 -7LA11 32S tipo relé - Módulo Ia: IP260 4 E/S Multigrama 12bits - Módulo Oa: IP260 4 E/S Multigrama 	1

7.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA INSTRUMENTACIÓN SELECCIONADA

	DESCRIPCION	CANTIDAD POR SECCIONES
01	<p>ZT – TRANSDUCTOR DE POSICIÓN</p> <p>MARCA: SOR</p> <p>MODELO: EXDL – 74</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor: switch de doble posición - Salida: tipo contacto de relé - Voltaje soportado: 220 vac/ 2 A - Protección: IP64 	<p>Sección 1: 15</p> <p>Sección 4: 9</p> <p>Sección 5: 4</p> <p>Sección 6: 2</p> <hr/> <p>Total : 30</p>
02	<p>LT - TRANSMISOR</p> <p>ULTRASÓNICO DE NIVEL CONTINUO</p> <p>MARCA: PROXIMITY</p> <p>MODELO: UL200</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salidas: 4 - 20 mA - Alimentación: 24 dc - Rango: 10.6 metros - Temperatura: -23º a 71º C - Material de sensor: CPVC - Rango de presión (sensor):150psi máx. - Protección: NEMA 4X - Angulo de radiación: 12º cónico. 	<p>Sección 1: 5</p> <p>Sección 2: 2</p> <p>Sección 4: 3</p> <p>Sección 5: 3</p> <hr/> <p>Total : 13</p>
03	<p>MT - TRANSMISOR DE HUMEDAD RELATIVA</p> <p>MARCA: DWYER</p> <p>MODELO: 657C – 1</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rango de RH: 0 a 100% RH - Precisión RH: +- 2% 	<p>Sección 1: 5</p> <p>Sección 3: 2</p> <p>Sección 4: 3</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Resolución: 0.1% - Voltaje: 10 - 35VDC - Sensor: (0.8 X 23.1 cm) Stainless steel - Peso: 10onz (284gr). - Salida: 4 – 20 mA. 	<hr/> Total : 10
04	ST - TRANSMISOR DE VELOCIDAD MARCA: MONARCH MODELO: 7241 – FST Características: <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 50 a 2000rpm. - Salida: 4 a 20mA. - Voltaje: 220Vac. - Indicación Digital: Display 4 1/2 dígitos 	Sección 1: 3 Sección 4: 1 Sección 5: 2 <hr/> Total : 6
05	IT - TRANSMISOR DE CORRIENTE MARCA: ROCHESTER INSTRUMENT SYSTEM MODELO: 420 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Precisión: 0.5% - Rango: 0 a 100Amp. - Repetibilidad: 0.25% de la escala completa. - Tiempo de respuesta: 150mts. - Temperatura: 0o a 70° C - Voltaje: 5 a 40 VDC - Salida: 4 a 20mA. - Peso: 7 onzas - Indicación digital 	Sección 1: 3 Sección 4: 1 Sección 5: 2 <hr/> Total : 6
06	WT - TRANSMISOR DE PESO MARCA: TRANSDUCER TECHNIQUES MODELO: DPM - 2 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Precisión: 0.1% - Sensibilidad: 3mV/V - Rango: 0 – 500Lb. - Temperatura: 115° F máx. - Display: 4 dígitos fluorescentes al vacío (13mm). - Peso: 0.55 Kg. - Fuente: 115Vac o 220Vac +- 10% - Tiempo de respuesta: 750ms. - Humedad relativa: 20 a 80% - Salidas: analógicas de 0 a 10 VDC y 4 - 20mA. - Precisión: 0.35% 	Sección 5: 1 <hr/> Total : 1

07	<p>LE - DETECTOR DE NIVEL LÍMITE MARCA: ENDRESS - HAUSER Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura máxima: 80° C - Presión: 6 bar. - Salida: tipo relé / 350mA. - Alimentación: 220Vac. <p>Protección: NEMA 4</p>	<p>Sección 6: 2</p> <hr/> <p>Total : 2</p>
08	<p>FT - TRANSMISOR DE FLUJO DE AGUA MARCA: HEDLAND MODELO: FM – 1100 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 0.5gal/min a 300gal/min. - Presión: 5000Lb/pulg2 - Temperatura: 400° F - Alimentación: 220Vac. - Salida: 4 - 20mA. - Indicación digital 	<p>Sección 3: 1</p> <hr/> <p>Total : 1</p>
09	<p>FS - DETECTOR DE FLUJO - SÓLIDOS MARCA: OHKEN MODELO: FTC 968 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensor: elemento piezo eléctrico - Temperatura: -10° a 80° C - Material: acero inoxidable - Alimentación: 132 a 264Vac/ 47.5Amp. - 60Hz. - Salida: 4 – 20 mA - Indicación digital. 	<p>Sección 3: 1</p> <hr/> <p>Total : 1</p>
10	<p>FV - VÁLVULAS DE FLUJO DE AGUA MARCA: ECKARDT MODELO: MB6713 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo: acero al carbón 	

	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño ϕ: 1" - Presión en cuerpo: 10 a 20 bar. - Actuador: Diafragma y resorte múltiple - Temperatura: 100° C máx. - Presión de control: 3 a 15 psi 	Sección 3: 1 <hr/> Total : 1
11	TC Tablero de Control para Llenado de Tolvas FABRICANTE: FRANK W. MURPHY MODELO: ST5AS Uso: Control de Llenado de Tolvas de recepción de materia prima (trigo sucio) Características: <ul style="list-style-type: none"> - Anunciador de alarma remoto 8-40Vcd, 8-30Vcd. - Led indicador ausencia de materia prima. - Sensores de entrada NA y/o NC - Salida de alarma en general - MINI - SIREN intermitente y alarma sonora (6 - 28Vcd) - Montaje en panel - 5 puntos 	Total : 1

CAPITULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA

1. GENERALIDADES

El presente capítulo muestra todos los costos de implementar el proyecto. Como sabemos la evaluación económica es muy importante al momento de tomar la decisión de automatizar la planta, porque de acuerdo a ella se verá si realmente es rentable invertir.

Se han dividido los costos por rubros para poder hacer más claro el análisis de costos.

2. ESTIMACION DE COSTOS

2.1. COSTOS DE INSTRUMENTACIÓN

ITEM	IDENTIFICAc.	DESCRIPCION	P. UNITARIO (\$)	CANTIDAD	P. TOTAL (\$)
1	ZT	Transductor de Posición Marca: SOR, Modelo: EXDL-74	42,00	30	1 260,00
2	LT	Transmisor Ultrasónico de Nivel Continuo. Marca: PROXIMITY, Modelo: UL200	1200,00	13	15 600,00
3	MT	Transmisor de Humedad Relativa Marca: DWYER, Modelo: 657C-1	1300,00	10	13 000,00
4	ST	Transmisor de Velocidad Marca: MONARCH, Modelo: 7421-FST	220,00	6	1 320,00
5	IT	Transmisor de Corriente Marca: ROCHESTER INST. Modelo: 420	345,00	6	2 070,00
6	WT	Transmisor de Peso Marca: TRANSDUCER TEC, Modelo: DPM-2	715,00	1	715,00
7	LE	Detector de Nivel Límite Marca: ENDRESS-HAUSER	234,00	2	468,00
8	FT	Transmisor de Flujo de Agua Marca: HEDLAND, Modelo: FM-1100	650,00	1	650,00
9	FV	Válvula de Flujo de Agua Marca: ECKARDT, Modelo: MB6713	800,00	1	800,00
10	FS	Detector de Fluidos Sólidos Marca: OHKEN, Modelo: FTC960	420,00	1	420,00
11	TC101	Tablero de Control para Llenado de Tolvas Marca: FRANK MURPHY, Modelo: ST5AS	1420,00	1	1 420,00
TOTAL INSTRUMENTACIÓN					37 723,00

2.2. COSTOS A NIVEL DE CONTROL

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	PLC 1 (UC 100) Fabricación: Siemens Modelo: SIMATIC S5-115U Incluido módulos I/O y fuente	1	4 500.00	4 500.00
2	PLC 2 (UC200) Fabricación: Siemens Modelo: SIMATIC S5-115U Incluido módulos I/O y fuente	1	2 100.00	2 100.00
3	PLC 3 (UC 300) Fabricación: Siemens Modelo: SIMATIC S5-115U Incluido módulos I/O y fuente	1	2 100.00	2 100.00
TOTAL NIVEL DE CONTROL				8 700.00

2.3. COSTOS A NIVEL DE SUPERVISIÓN

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	PC Compatible.	2	1 000.00	2 000.00
2	Impresora Inyección Marca: EPSON 900	1	200.00	200.00
3	Software de Supervisión	1	3 800.00	3 800.00
TOTAL NIVEL DE SUPERVISIÓN				6 000.00

2.4. COSTOS DE INGENIERÍA

Consiste en los costos por las horas empleadas en la instalación y comprobación de todo el instrumental empleado, así también en la programación de los PLC'S, en los sistemas de control y monitoreo de variables.

TOTAL INGENIERÍA: U.S. \$ 20 000,00

2.5. COSTOS DE PUESTA EN SERVICIO

Correspondiente al costo del personal (por estadía), involucrados en la activación del sistema.

TOTAL PUESTA EN SERVICIO: U.S. \$ 10 000,00

2.6. COSTOS DE CAPACITACIÓN

Son los gastos correspondientes a la Capacitación del Personal de Planta encargada de operar sistemas de Control e Instrumentación.

TOTAL CAPACITACIÓN: U.S. \$ 5 000,00

3. INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO

3.1. INVERSIÓN

Correspondiente al total de costos que implica la Implementación y Puesta en marcha del Proyecto de Automatización:

DESCRIPCIÓN	MONTO U.S.\$
TOTAL INSTRUMENTACIÓN	37 723.00
TOTAL A NIVEL DE CONTROL	8 700.00
TOTAL A NIVEL DE SUPERVISIÓN	6 000.00
TOTAL DE INGENIERÍA	20 000.00
TOTAL PUESTA EN SERVICIO	10 000.00
TOTAL CAPACITACIÓN	5 000.00
TOTAL DE COSTO ESTIMADO	87 423.00
FACTOR DE RIESGO (20%)	17 484.60
TOTAL INVERSIÓN DEL PROYECTO	104907.60

3.2. FINANCIAMIENTO

El financiamiento será con recursos propios, financiando la Empresa el 100% de la inversión total.

Las condiciones de financiamiento serán: 6% de interés efectivo anual y los pagos serán a trimestres vencidos por un periodo de dos años.

4. EVALUACION ECONÓMICA

Es la evaluación de la rentabilidad de la inversión, sin considerar el financiamiento externo.

4.1. FLUJO DE CAJA

PREMISAS:

- Las proyecciones de Ingresos y Egresos son a valores corrientes.
- El horizonte de proyección: Se inicia diciembre 2015 y termina noviembre 2017.

INGRESOS

- En el año 1, la producción esperada corresponde a 6 meses, puesto que considera el tiempo de instalación de los nuevos equipos, en cambio que para el año 2 se considera 11 meses de producción.
- La proyección del nivel de ventas depende de la estacionalidad del negocio. En tanto para el año 1, se ha considerado como base el último mes del 2014 (según cuadro resumen).

EGRESOS

- Los costos de producción, son los que incurren en la producción directa del producto (ver cuadro resumen).
- Los costos de distribución, vendrían a ser los costos que implica la comercialización del producto, se considera el 15% de las ventas.

	VALOR EN U.S \$	
RESUMEN	VENTAS	COSTOS
Productos terminados	3727535,47	2491137,08
Subproductos terminados	149637,21	149637,21
TOTAL	3877172,68	2640774,29

FLUJO DE CAJA ECONOMICO

(En Dólares Americanos)

CONCEPTOS	AÑOS		
	0	1	2
Ingresos Ventas: Productos terminados		3727535,47	4473042,57
Ingresos Ventas: Productos en proceso		149637,21	179564,65
INGRESOS		3877173,68	4652609,22
Costo de producción		2640774,29	3116113,66
Costo de Distribución (15% de las Ventas. Totales)		581576,05	697891,38
EGRESOS		3222350,34	3814005,04
Utilidad antes de impuestos		654823,343	838604,177
Impuesto a la Renta		196447,00	251581,25
Utilidad Neta		458376,34	587022,92
Inversión	-104907,60		
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	-104907,60	458376,34	587022,92

4.2. VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO (VANE)

Suma de los flujos económicos actualizados a la tasa de interés ponderada. Si el valor es mayor a cero, la inversión es rentable.

$$VANE = \sum \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

donde:

- VANE = valor actual neto económico
- FNE_n = flujo neto económico en el periodo n
- i = tasa de interés ponderada
- N = periodos

VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO

TASA DE DESCUENTO: 6%

AÑO	FLUJO ECONOMICO	FACTOR ACTUALIZ.	VALOR ACTUALIZ.
0	-104907.60	1,0000000	-104907.60
1	458 376.34	0,9433962	432 430.51
2	587 022.92	0,8899964	522 448.31
VALOR ACTUALIZADO NETO ECONOMICO			\$ 849 971.22

Actualizado a una tasa de descuento de mercado del 6% se ha obtenido un VANE de \$ 849971,22; es decir que además de recuperar la inversión se tendrá un ingreso adicional por esa cantidad.

4.3. TASA INTERNA DE RETORNO ECONOMICO (TIRE)

Muestra la rentabilidad promedio por periodo e iguala el VANE a cero.

$$VANE = \sum \frac{FNE_n}{(1+i)^n} = 0$$

TASA INTERNA DE RETORNO ECONOMICO

AÑO	FLUJO ECONOMICO	FACTOR ACTUALIZ.	VALOR ACTUALIZ.
0	-104907,60	1,0000000	-104907,60
1	458376,34	0,2638522	120943,62
2	587022,92	0,0696180	40867,37
VALOR ACTUALIZADO NETO ECONOMICO			-56903,39

Según el cuadro, nos indica una TIRE de 279 %, esto significa que el interés equivalente sobre el capital que el proyecto genera es superior al interés mínimo aceptable del capital bancario.

Por lo tanto el proyecto es positivo.

4.4. RELACION BENEFICIO – COSTO (R)

No es más que la sumatoria de los beneficios actualizados entre la sumatoria de los costos actualizados generados por el proyecto.

RELACION : BENEFICIO/ COSTO

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR ACTUALIZ	VALORES ACTUALIZADO	
				BENEFIC.	COSTOS
0		-104907,60	1,0000000		-104907,60
1	3877173,68	3222350,34	0,9433962	3657711,02	3039953,15
2	4652609,22	3814005,04	0,8899964	4140805,64	3394450,91
VALOR ACTUALIZADO NETO ECONOMICO				7798516,66	6329496,46

$$R = \frac{BENEFICIOS}{COSTOS} = 1,23$$

El valor nos indica una utilidad de U.S. \$ 0,23 por cada dólar invertido.

4.5. PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION (PRI)

$$PRI = \frac{INVERSION}{(Ingresos - Costos) / Vida Economica}$$

$$PRI = 0,21 \times 24 \text{ meses}$$

$$PRI = 5,09 \text{ meses}$$

Por los resultados anteriores, se deduce que el proyecto puede soportar una disminución de sus ingresos por diversas razones, así como que la recuperación del mismo se realizaría en casi 6 meses.

CONCLUSIONES

1. En función al análisis de la problemática existente en la empresa Molinera Inca S.A., se diseñó el sistema de supervisión y control para automatizar el Proceso de Elaboración de Harina de Trigo en la Empresa Molinera Inca S.A.
2. Basado en las variables críticas y las operaciones de los procesos, se diseñaron las estrategias y nuevos lazos de control para las diferentes variables del proceso, así como se determinaron las entradas y salidas necesarias de cada sección del proceso.
3. En función de las variables del proceso y de los lazos de control, se confeccionaron los diagramas de instrumentación para la nueva automatización del proceso.
4. Basado en los diagramas de instrumentación, se dimensionaron y establecieron las características necesarias de los diferentes instrumentos y equipos necesarios, para luego, utilizando la información técnica de diferentes fabricantes, se seleccionaron los más apropiados para el proyecto.
5. Utilizando los algoritmos de control diseñados, así como programas de simulación, se implementó el software de control y de supervisión respectivo, conteniendo reportes, alarmas y base de datos.
6. Finalmente con el listado de instrumentos, equipos y softwares necesarios, así como la información de fabricantes, y teniendo en cuenta los gastos de implementación, se establecieron los costos necesarios para la realización del proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Se necesita realizar una evaluación de los diferentes elementos, mecánicos y eléctricos, que componen los sistemas de control existentes para poder programar cambios o reparaciones de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrew, William. (2002). *Instrumentación Aplicada en los Procesos Industriales*. Editorial L&M.
2. Ángulo, José M. (1996). *Fundamentos, Diseños y Aplicaciones en la Industria y en las Microcomputadoras*. Editorial Paraninfo. España.
3. Ángulo Usategui, José. (1992). *Control de Procesos Industriales por Computador*. Editorial Paraninfo, España.
4. Carranza N, Raymundo. (2008). *Tópicos de Instrumentación y Control*. Primera Edición Perú.
5. Christikov. (1990). *Técnicas de Medición Industrial*. Editorial Marcombo.
6. Corripio, Smith. (1991). *Control Automático de Procesos*. Editorial Limusa. México.
7. Creuss, Antonio. (2006). *Instrumentos Industriales, Ajuste y Calibración*. Editorial Alfa Omega Marcombo. México.
8. Neglia, Gregorio y Fernández Cornejo, Jorge. (1998). *Medición y Control de Procesos*. Editorial Alfa Omega.
9. Siemens. (2008). *Manuales de Servicio del PLC SIMATIC S7 de Siemens*. Siemens.
10. [http: www.siemens.com](http://www.siemens.com)
11. [http: www.wici.com](http://www.wici.com)